

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Katedra fyzioterapie

**Možnosti hodnocení vlivu výkonností zátěže na posturální funkce
organismu – stanovení norem CDP pro sportující populaci**

Autoreferát disertační práce

Vedoucí disertační práce:

Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů. CSc.

Odborný konzultant:

MUDr. David Pánek, Ph.D.

Zpracovala:

Mgr. Helena Vomáčková

Praha, 2020

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Název: Možnosti hodnocení vlivu výkonností zátěže na posturální funkce organismu
– stanovení norem CDP pro sportující populaci

Title: The Possibilities of Evaluation of the Sport Performance on the Postural
Functions – CDP Normative Data for Sport Population

Autor: Mgr. Helena Vomáčková

Studijní obor: Kinantropologie

Školitel: doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.

Odborný konzultant: MUDr. David Pánek, Ph.D.

Školící pracoviště: Fakulta tělesné výchovy a sportu UK
Katedra Fyzioterapie

Datum: Praha, červenec 2020

Práce vznikla v rámci programu PROGRES na UK č. Q41 - Biologické aspekty zkoumání lidského pohybu.

ABSTRAKT

Název: Možnosti hodnocení vlivu výkonností zátěže na posturální funkce organismu – stanovení norem CDP pro sportující populaci

Cíl práce: Hlavním cílem této disertační práce je stanovit normované hodnoty jednotlivých parametrů testovacích protokolů získatelných pomocí dynamické počítačové posturografie systému NeuroCom SMART EquiTest System (dále jen SMEQ). Dílčím cílem je porovnat stanovené hodnoty s existujícími hodnotami užívanými pro běžné hodnocení posturální stability softwarem měřicího přístroje. Dalším dílčím cílem je v rámci pilotního šetření stanovit reliabilitu jednotlivých testovacích parametrů.

Metody řešení: Data pro stanovení normovaných hodnot byla získána laboratorním měřením pomocí přístroje SMEQ a následně byla převedena, sjednocena a upravena pro další zpracování statistickým softwarem „R“. Pro stanovení normovaných hodnot byl použit vstupní data-set získaný od záměrně vybrané skupiny aktivních sportovců (n=245) ve zvoleném věkovém rozmezí 20 – 30 let s průměrným věkem 24,04 ($\pm 1,23$ let), o průměrné tělesné výšce 173,29 ($\pm 10,04$ cm), průměrné tělesné váze 68,46 ($\pm 13,10$ kg) a průměrném BMI 22,67 ($\pm 3,04$).

Pro výpočet predikovaných hodnot normy pro populaci sportovců, označované jako „Athles Norm 20-30“ (dále jen. „norm AN“) byl použit lineární smíšený model s náhodným absolutním členem, který svou konstrukcí respektuje (přítomností koeficientů ve vzorci modelu) počet opakování, zvyšující se náročnost, měnící se rychlost a časový sled specifických posturálních úloh, jež jsou dány designem jednotlivých testovacích protokolů.

Stanovení statistického rozdílu mezi hodnotami, nově vzniklé norm AN a referenčními hodnotami běžně nabízenými SMEQ softwarem, bylo provedeno pomocí Welchova t-testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Pro pilotní stanovení reliability jednotlivých testovacích protokolů byl použit výpočet korelačního koeficientu, kdy za vysokou spolehlivost byla brána hodnota $r \geq 0,80$.

Výsledky: Stanovené hodnoty norm AN jsou konstruovány jako jednostranné nebo oboustranné 95% predikční intervaly, jejichž meze by byly překročeny přibližně v 5% testovaných jedinců, kteří by dosáhli nežádoucích hodnot.

Výsledkem práce jsou kompletní normované hodnoty pro všechny parametry testovacího systému SMEQ, označované jako norm AN, které jsou doplněny i o hodnoty parametrů, ke kterým normované hodnoty prozatím neexistovaly.

Stanovením normovaných hodnot pro sportující populaci ve věku 20-30 let s možností integrace těchto údajů do vyhodnocovacího softwaru samotného SMEQ přístroje se nabízí široké uplatnění ve sféře výkonnostního sportu, a to na národní a vzhledem k rozšíření přístrojového vybavení SMEQ v Evropě a USA i na mezinárodní úrovni.

Klíčová slova: dynamická posturální stabilita, normy, NeuroCom SMART EquiTest System, výkonnostní sport

ABSTRACT

Title: The Possibilities of Evaluation of the Sport Performance on the Postural Functions – CDP Normative Data for Sport Population

Objective: The main aim of the dissertation is to determine the standardized values (normative data) of individual parameters of test protocols obtainable with usage of dynamic computer posturography of the NeuroCom SMART EquiTest System (hereinafter SMEQ). The partial second goal is to compare the determined normative data with the existing values used for routine evaluation of postural stability given by the SMEQ software. Another partial goal is to determine the reliability of individual test parameters in an additional pilot survey.

Methods: Data for the determination of standardized values were obtained by laboratory measurements using the SMEQ system and subsequently were converted, unified and adjusted for further processing by statistical "software R". To determine the normative data, an input data-set obtained from a deliberately selected group of active athletes (n = 245) in the selected age range of 20 - 30 years with an average age of 24,04 ($\pm 1,23$ years), with an average body height of 173, 29 ($\pm 10,04$ cm), mean body weight 68,46 ($\pm 13,10$ kg) and mean BMI 22,67 ($\pm 3,04$) was used.

To calculate the predicted normative data for the population of athletes, referred to as "Athles Norm 20-30" (hereinafter "norm AN") was used a linear mixed model with a random intercept. Its construction respects (presence of coefficients in the model formula) the number of repetitions, increasing complexity, changing speed and time sequence of specific postural tasks, which are given by the design of individual test protocols.

The determination of the statistical difference between the values created as the norm AN and the reference values commonly offered by SMEQ software was performed using the Welch t-test at the significance level $\alpha = 0,05$.

The calculation of the correlation coefficient was used for the pilot determination of the reliability of individual test protocols, where the value $r \geq 0,80$ was taken as high reliability.

Results: The established values of the norm AN standards (normative data) are constructed as one-sided or two-sided 95% prediction intervals. Its limites would be exceeded in approximately 5% of the tested individuals who would reach undesirable values (too high or too low).

The result of the work are complete normative data for all parameters of the SMEQ test system (norm AN), which are supplemented by the parameter values for which standardized values have not yet existed.

By the setting normative data for the sporting population (norm AN) aged 20-30 with the possibility of integrating this data into the evaluation software of the SMEQ device itself, it offers a wide application in the field of performance sports - at the nationally and internationally level due to the expansion of SMEQ system in Europe and USA.

Keywords: dynamic postural stability, normative data, standardized values, NeuroCom SMART EquiTest System, performance sport

OBSAH

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE	1
ABSTRAKT	2
ABSTRACT	4
OBSAH	6
1. ÚVOD	7
2. VYMEZENÍ TEORETICKÝCH POJMŮ.....	9
2.1.1 Přístrojové hodnocení posturální stability.....	9
2.2 Posturální stabilita ve sportu	10
2.2.1 Popis přístroje NeuroCom SMART EquiTest (SMEQ).....	11
2.2.2 Popis testovacích protokolů SMART EquiTest (SMEQ).....	12
3. METODOLOGIE PRÁCE	13
3.1 CÍLE PRÁCE.....	13
3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	13
3.3 HYPOTÉZY	14
3.4 METODIKA PRÁCE	14
3.4.1 Metodický postup práce.....	14
3.4.2 Charakteristika výzkumného souboru.....	15
3.4.3 Sběr dat.....	16
3.4.3.1 Stanovení normovaných hodnot norm AN.....	16
3.4.3.2 Stanovení statistického rozdílu mezi norm AN a norm NC.....	16
3.4.3.3 Stanovení reliability testovacích protokolů – pilotní studie	17
4. VÝSLEDKY	18
4.1 Výsledné normativní hodnoty.....	18
4.2 Nově stanovené normativní hodnoty.....	22
4.3 Výsledky popisující reliabilitu testovacích protokolů.....	27
5. DISKUSE.....	29
5.1 Diskuse k cíli práce č. 1	29
5.2 Diskuse k cíli práce č. 2	32
5.3 Diskuse k cíli práce č. 3	34
5.4 Diskuse k praktickým výstupům práce.....	36
6. ZÁVĚR.....	39
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
8. PŘÍLOHY.....	46
8.1 Seznam obrázků.....	46
8.2 Seznam tabulek.....	47
8.3 Výběr grafického znázornění hodnot „norm an“	49

1. ÚVOD

Téma dynamické posturální stability ve sportu je často řešeným tématem nejen ve vztahu k výkonnosti sportovce, ale i ve vztahu k poruchám pohybového aparátu. V pracích řady autorů lze dohledat studie, které hodnotí dynamickou posturální stabilitu pomocí computerized dynamic posturography (CDP) využívající systémy Balance Master firmy NeuroCom.

Obecně se vychází z předpokladu, že výkonnostní sportovci aktivně zapojují v dokonalé souhře všechny senzorké systémy podílející se na udržení a řízení rovnováhy. Dalším častým předpokladem, který lze vysledovat v literatuře je i skutečnost, že sportovci se v rámci svého specifického sportovního zatížení, které je dané konkrétním sportem, liší v kvalitě posturální stability od běžné populace.

Výše uvedené předpoklady se ve výsledcích studií ne vždy naplnily, převážně z důvodu, že data, se kterými byly výsledky studií konfrontovány, nebyla dostatečně citlivá pro detailní vyhodnocení, vážící se ke konkrétnímu sportovnímu odvětví anebo nebyla dodržena jednotná metodika vyhodnocení s využitím kontrolních skupin.

Problematika specifické úrovně posturální stability ve výkonnostním sportu a vazbám na myoskeletární funkční poruchy je dlouhodobě řešena i na našem pracovišti v programech PRVOUK a PROGRES. Především v dílčím programu PROGRES Q41 byla provedena řada studií, které byly publikovány a popisují dílčí výsledky u vybraných sportů.

Nejen na základě vlastních zkušeností s laboratorním systémem NeuroCom SMART EquiTest, ale i na základě studia prací, které se zabývaly specifickým vlivem dlouhodobě provozovaného sportu na výkonnostní úrovni, bylo zjištěno, že vyhodnocení naměřených dat sportovců je třeba konfrontovat s hodnotami norem, které jsou více citlivé a detailní, než které jsou běžně dostupné ve vyhodnocovacím software měřicího přístroje. Referenční hodnoty, kterými vyhodnocovací software disponuje, jsou získány z dat běžné americké populace a byly vytvořeny pro posouzení jedinců s klinickými obtížemi poruch rovnováhy, s neuropatickými, neurologickými diagnózami či jinými patologiemi, nikoliv však pro vyhodnocení jemných nuancí „super“ zdravé populace sportovců.

K popisu změn úrovně parametrů dynamické posturální stability s vazbou na dlouhodobě aktivně provozovaný sport vznikla potřeba adekvátních referenčních dat, tj. normovaných hodnot, které by umožnily detailně vyhodnotit kvalitu posturálních funkcí sportující populace s využitím moderního přístrojového vybavení nabízející hodnocení pomocí computerized dynamic posturography (CDP).

2. VYMEZENÍ TEORETICKÝCH POJMŮ

Pod pojmem **posturální stabilita** je obecně chápána schopnost člověka zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny působících zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nekontrolovanému nebo neřízenému pádu (Vařeka, 2002) Z širšího pohledu je posturální stabilita často chápána jako kontrola polohy celého lidského těla a při posturálním zajištění různých pohybových úkolů a situací. Z pohledu kineziologie ji Véle (2006) popisuje jako funkci posturální a lokomoční motoriky. Často je také popisována jako schopnost kontroly těžiště těla nad opěrnou plochou. (Shumway-Cook, A., Woollacott, 2011)

V literatuře je zavedeno mimo jiné další rozlišení, které vedle statické a dynamické posturální stability definuje i funkční posturální stabilitu. (Nashner & McCollum, 1985) Dle těchto autorů **statická posturální stabilita** zajišťuje omezení pohybu COG nad neměnnou opěrnou bází. **Dynamická posturální stabilita** se týká schopnosti kontrolovaně posunovat COG v rámci neměnné opěrné báze. Dynamickou posturální stabilitu lze kvantifikovat a hodnotit s využitím testů, při nichž se nemění opěrná báze.

2.1.1 Přístrojové hodnocení posturální stability

Posturografie je obecné označení přístrojového vyšetření posturální stability. Posturografické vyšetření využívá silových plošin – měřící reakční síly působící od podložky a tlakových plošin – umožňující měření tlaku na kontaktu těla s měřící plošinou. Ve vzpřímeném postoji jsou ze silových, tlakových a dalších charakteristik získány základní informace o stavu reaktivní posturální stability, jež je označována jako statická posturografie (stabilometrie) rovnováha. Naproti tomu, dynamická posturografie (dynamometrie) vyhodnocuje dle Shella (2010) schopnost testované osoby přenášet COP (centre of pressure) kolem opěrné báze. Dále poukazuje na skutečnost, že tato metoda je s lepšími výsledky a citivostí testovaných parametrů, aktuálně využívána především u sportující populace. (Sell, 2012) Jedním z důvodů je také lepší výpovědní hodnota a aplikovatelnost, i přes fakt, že se některé dynamické posturální testy jsou testovány ve ztížených podmínkách, jako je například vyloučení zraku, stoj na jedné

končetině, nebo případně za současného experimentálně vytvořeného rušivého zevního prostředí.

Diagnostické a terapeutické zařízení NeuroCom SMART EquiTest System (SMEQ) je jedním z moderních představitelů systému dynamických počítačových posturografů (Computer Dynamic Posturography – dále jen „CDP“), který nabízí mimo jiné i testování reaktivní a proaktivní posturální stability, čímž umožňuje objektivizaci kvalit posturálních funkcí. (Vomáčková, Pavlů, et al., 2020)

2.2 Posturální stabilita ve sportu

Tematikou dynamické posturální stability ve sportu, se zabývá mnoho autorů již po řadu let. A je zřetelné, že posturální stabilita, fyzická kondice sportovce, koordinovaný pohyb a schopnost ekonomizace pohybu jsou nepostradatelným prvkem v jakékoliv výkonnostní sportovní aktivitě. (Enoka, 2008; Faraldo-García et al., 2012; Kunugi et al., 2018) Schopnost kvalitní posturální stability a její vývoj je závislý na typu, intenzitě a výkonnostní úrovni konkrétního sportu (Asadi et al., 2015; Benis et al., 2016; Clark & Rose, 2001; Curtolo et al., 2017; Elly et al., 2010; Gautier et al., 2008; Gonzalo-Skok et al., 2015; Gstöttner et al., 2009; Guedes & João, 2014; Jadczak et al., 2019; Jakobsen et al., 2011; Kallistratos et al., 2010; Liang et al., 2019; Notarnicola et al., 2015; Olchowik & Czwalik, 2020; Rein et al., 2011; Sell, 2012; Trueblood et al., 2018; Vuillerme et al., 2005)

Objektivizací, popisem a sledováním kvalit posturálních funkcí organismu v jednotlivých sportech se zabývá mnoho autorů (Asadi et al., 2015; Borghuis, 2013; Brito et al., 2012; Clark & Rose, 2001; Heleno et al., 2016; Horák et al., 2017; Liaw et al., 2009; Pang et al., 2011; Ricotti, 2011; Tsang et al., 2011; Wallmann, 2004; Yuntao et al., 2017).

Lze dohledat i práce hodnotící dynamickou posturální stabilitu pomocí computerized dynamic posturography (CDP) systémů Balance Master firmy NeuroCom (Alonso et al., 2009; Chow et al., 2016; Faraldo García et al., 2015; Gstöttner et al., 2009;

Lohkamp et al., 2009; Martin-Sanz et al., 2017; Olchowik & Czwalik, 2020; Pletcher et al., 2017; Yuntao et al., 2017).

Problematika specifické úrovně posturální stability ve vztahu k sportovnímu odvětví a funkčním poruchám pohybového aparátu je na našem pracovišti dlouhodobě řešena v programech PRVOUK a ROGRES. Především v dílčím programu PROGRES Q41 byla provedena i řada dílčích studií, z kterých vznikly i rozsáhlé práce popisující dílčí výsledky. (Karšayová et al., 2020; Vomáčková, Pavlů, et al., 2020) Některá dílčí data, získaná v rámci hodnocení posturální stability sportovců, byla použita pro realizaci několika diplomových prací (Hlaváčková, 2017; Kania, 2017; Karšayová, 2019; Kučera, 2020; Pešková, 2020; Vrubelová, 2019; Zámečník, 2018; Živcová, 2020).

Práce vycházely z předpokladu, že výkonnostní sportovci aktivně zapojují všechny sensorické systémy podílející se na udržení a řízení rovnováhy a že se v rámci svého specifického zatížení, které je dané konkrétním sportem, budou lišit od skupiny, věkově stejně ohraničených, zdravých jedinců. Tyto předpoklady se ne vždy potvrdily, převážně z důvodu, že data, s kterými byly výsledky konfrontovány, nebyla dostatečně citlivá pro detailní vyhodnocení nuancí, vážících se ke konkrétnímu sportovnímu odvětví.

Ze studia literatury, týkající se hodnocení posturální stability sportovců a na základě výsledků dílčích studií v rámci PROGRES Q41 vznikla, k provedení dalších a rozsáhlejších studií, potřeba adekvátních referenčních hodnot, které by umožnily detailně vyhodnotit kvalitu posturálních funkcí sportující populace s využitím CDP.

2.2.1 Popis přístroje NeuroCom SMART EquiTest (SMEQ)

SMEQ je jedním z přístrojových systémů, které využívají CDP a je tedy konstruován tak, aby zvládl identifikovat a kvantifikovat motorické a smyslové (somatosenzorické, vestibulární a vizuální) funkce lidského organismu. Tyto funkce se podílejí na řízení posturální stability a rovnováhy. Vzhledem ke konstrukci a i kvalitám SMEQ je využíván nejen v diagnostice, ale i v terapii pacientů s poruchou rovnováhy, pohybovými problémy a závratěmi. (Natus Medical Inc., 2014)

SMEQ se skládá z dvou základních částí – z tenzometrické silové plošiny, doplněné o pohyblivou kabinu s vizuálním prostředím a počítače s vyhodnocovacím softwarem.

Testování jednotlivými testovacími protokoly může probíhat se stabilní či pohyblivou plošinou a současně při stabilním či pohyblivém vizuálním prostředí. (Natus Medical Inc., 2016) Změnami testovacích podmínek při měření (testování se stabilní či pohyblivou plošinou, stabilním či pohyblivým vizuálním okolím (kabinou) nebo s nebo bez zrakové kontroly lze modifikovat a tedy i ovlivňovat kvalitu senzoričtých podmínek a následně i hodnotit míru vnímání a vyhodnocení somatosenzoričtých a vizuálních informací. (Natus Medical Inc., 2014) Výsledkem analýzy naměřených dat lze následně přesně identifikovat senzoričtí a motorické postižení testovaného, případně vyhodnotit kvalitu posturálních funkcí sportujícího jedince. (Natus Medical Inc., 2008, 2014)

2.2.2 Popis testovacích protokolů SMART EquiTest (SMEQ)

Testovací systém SMEQ je standardně vybaven testovacími protokoly, které v rámci testování zajistí objektivní hodnocení posturální stability. Níže jsou uvedeny jednotlivé testovací protokoly, kdy první tři uvedené testy jsou výrobcem označovány jako „Core Assesments“ pro vyšetření dynamické posturální stability:

1. Sensory Organization Test (SOT)
2. Motor Control Test (MCT)
3. Adaptation Test (ADT)
4. Limits of Stability (LOS)
5. Rhythmic Weight Shift (RWS)
6. Weight Bearing/Squat (WBS)
7. Unilateral Stance (UNI)

3. METODOLOGIE PRÁCE

Práce má empiricky kvantitativní charakter a byla prováděna v rámci neexperimentální observační studie.

3.1 CÍLE PRÁCE

1. Hlavním cílem práce je stanovit normované hodnoty pro všechny jednotlivé parametry testovacích protokolů CDP, které lze získat v rámci měření testovacími protokoly SMEQ u sportující zdravé populace ve věku 20-30 let („norm AN 20-30“).
2. Druhým, dílčím cílem práce je porovnat a statisticky ověřit míru odlišnosti nově stanovených hodnot norm AN 20-30 s existujícími hodnotami norm NeuroCom SMEQ („norm NC“).
3. Třetím, doplňujícím, cílem práce je pilotně stanovit reliabilitu jednotlivých parametrů testovacích protokolů získatelných pomocí SMEQ, které se testují v podmínkách Kineziologické laboratoře katedry Fyzioterapie UK FTVS.

K druhému a třetímu cíli práce jsou níže v textu definovány dvě výzkumné otázky. K první uvedené výzkumné otázce se vztahuje první hypotéza (H_{10} a H_{1A}), k druhé uvedené výzkumné otázce se vztahuje druhá hypotéza (H_{20} a H_{2A}).

3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY

1. Jak se liší stanovené hodnoty norm AC (20-30 let) od běžně používané norm NC (20-39 let nebo 20-59 let)?
2. Jaká je reliabilita jednotlivých parametrů SMEQ, zjištěná v rámci pilotně provedeného opakovaného laboratorního měření na UK FTVS?

3.3 HYPOTÉZY

H1₀: Statistický rozdíl normovaných hodnot jednotlivých parametrů testovacích protokolů (SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WRS) norm AN a norm NC (testovaný na hladině významnosti $\alpha = 0,5$) bude roven nule.

H1_A: Statistický rozdíl normovaných hodnot jednotlivých parametrů testovacích protokolů (SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WRS) norm AN a norm NC (testovaný na hladině významnosti $\alpha = 0,5$) nebude roven nule.

H2₀: Hodnota koeficientu reliability „r“ bude u všech testovaných parametrů testovacích protokolů (SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WRS) nově vzniklé norm AN (testovaný na hladině významnosti $\alpha = 0,5$) rovna $r = 0$.

H2_A: Hodnota koeficientu reliability „r“ nebude u všech testovaných parametrů testovacích protokolů (SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WRS) nově vzniklé norm AN (testovaný na hladině významnosti $\alpha = 0,5$) rovna $r = 0$.

3.4 METODIKA PRÁCE

Disertační práce je rozdělena na dvě části - na teoretická východiska a speciální výzkumnou část. Teoretické podklady první části jsou zpracovány na základě dostupných informací, převážně ze zahraničních zdrojů, které jsou doplněny závěry získaných z dílčích studií probíhajících v Kineziologické laboratoři Katedry fyzioterapie UK FTVS, které probíhaly v období 6/2017 – 6/2020.

3.4.1 Metodický postup práce

Teoretická část práce poskytuje teoretické podklady věnující se dynamické posturální stabilitě sportovců.

Všechna laboratorní měření a základní anamnestická dotazníková šetření probíhala v období 6/2017 – 6/2020 v Kineziologické laboratoři Katedry fyzioterapie UK FTVS. Data byla zaznamenána NeuroCom Data Analyzer Softwarem verze 9.3 a následně převedena, sjednocena a upravena pro další analýzu a zpracování v Microsoft Excel

2016. Statistické zpracování a predikce normovaných hodnot byly provedeny pomocí, pro účely práce přizpůsobeného, lineárního smíšeného modelu ve volně dostupném statistickém softwaru R (version 3.6.1; uživatelské prostředí Studio R) (Pinheiro et al., 2019; R_Core_Team, 2019). Analyzované a predikované hodnoty byly následně zpět převedeny do Microsoft Excel 2016, kde byly upraveny pro možnost exportu do textového dokumentu Microsoft Word. Grafické výstupy ze statistického softwaru R byly exportovány a dále upravovány pro zpracování v textu práce. V práci se nepředpokládá velký efekt systematické chyby ani chyby náhodné. (Zvárová, 2016)

3.4.2 Charakteristika výzkumného souboru

Ve studii bylo záměrně vybráno 245 mladých zdravých probandů, z toho 107 mužů a 138 žen. Asymptomatictí jedinci výzkumného souboru byli vybráni na základě předem stanovených požadavků.

Do výzkumného souboru byli zařazeni sportovci, kteří se svému sportu aktivně věnují. Podmínkou pro zařazení bylo splnění těchto kritérií:

1. Aktivně provozovaný sport, tj. minimálně 3-5 tréninkové jednotky/týden.
2. Aktivně provozovaný sport minimálně po dobu 5 let.
3. Účast na soutěžích (divizní, ligová, národní, apod.) úroveň (případně zařazení do výkonnostních žebříčků).
4. Pro zařazení do výzkumného souboru byli osloveni aktivní sportovci z níže uvedených sportovních odvětví: tenis, volejbal, basketbal, florbal, ragby, fotbal, házená, sportovní lezení na obtížnost, moderní tanec, šerm, taekwondo, akrobacie, kanoistika, irský tanec, plavání, sportovní gymnastika, MMA.

Tabulka 1: Popisná charakteristika výzkumného souboru (n=245; muži 107, ženy 138), pro testovací protokoly SOT, LOS, MCT

	mean ± SD (SEM)	(min - max); MED
věk [roky]	24,044 ± 1,230 (0,150)	(20,008 - 29,944); 24,183
váha [kg]	68,458 ± 13,100 (0,864)	(43,000 - 115,000); 70,000
výška [cm]	173,293 ± 10,044 (0,662)	(151,000 - 198,000); 171,500
BMI [kg.m ⁻²]	22,673 ± 3,044 (0,201)	(14,879 - 40,745); 22,322

Legenda: mean - aritmetický průměr, SD - standardní odchylka, SEM - střední chyba průměru, min – minimální hodnota; max – maximální hodnota; MED – medián

3.4.3 Sběr dat

Laboratorní měření všech jedinců výzkumného souboru probíhalo v období 2017-2020 v Kineziologické laboratoři katedry fyzioterapie UK FTVS shodně za dodržení standardních podmínek (Natus Medical Inc., 2016) testování a byly naměřeny parametry všech testovacích protokolů SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WBS.

3.4.3.1 Stanovení normovaných hodnot norm AN

Pro výpočet predikovaných hodnot nově stanovené normy pro populaci sportovců ve věku 20-30 let, označované jako „Athles Norm 20-30“ tj. „norm AN“ byl použit lineární smíšený model (LME)(Laird & Ware, 1982) s náhodným absolutním členem, ve kterém se pevné i náhodné efekty vyskytují v lineárním tvaru. Model s náhodným interceptem (absolutním členem) reprezentuje nejzákladnější LME Model (Linear Mixed Effects Model), v němž se předpokládá náhodný efekt jedince (interpretovatelný jako přirozená schopnost jedince být dobrý/špatný v pozorovaném měření (odezvě).

Nové hodnoty norm AN byly konstruovány jako jednostranné 95% nebo oboustranné 97,5% predikční intervaly, jejichž meze jsou překročeny zhruba 5% jedinců, kteří dosahují nežádoucích extrémních hodnot.

3.4.3.2 Stanovení statistického rozdílu mezi norm AN a norm NC

Výsledné porovnání nově vzniklých hodnot AN normy s NeuroCom Data Range hodnotami (norm NC) bylo vzhledem k dostatečnému počtu pozorování, provedeno pomocí Welchova t-testu, který je užíván pro hodnocení dat s nestejnými rozptyly. Pro vyhodnocení rozdílů byla stanovena hladina významnosti $\alpha = 0,05$.

3.4.3.3 Stanovení reliability testovacích protokolů – pilotní studie

Stanovení reliability, resp. korelačního koeficientu každému jednotlivému parametru testovacích protokolů SMEQ, bylo provedeno pouze v rámci pilotního šetření vztahujícího se k práci na záměrně pilotně vytvořeném výzkumném mikrosouboru (n=9), tzn. zjištěné hodnoty nelze obecně interpretovat jinak, než pro záměrný účel této práce.

Tabulka 2: Popisná charakteristika výzkumného mikrosouboru (n=9; muži 3, ženy 6)

	mean ± SD (SEM)	(min - max); MED
věk [roky]	25,173 ± 1,126 (0,425)	(23,140 – 26,896); 25,171
váha [kg]	69,285 ± 10,011 (3,784)	(53,000 - 80,000); 75,000
výška [cm]	172,928 ± 6,846 (2,587)	(165,500 - 184,000); 174,000
BMI [kg.m ⁻²]	23,112 ± 3,784 (1,017)	(19,233 - 27,382); 23,629

Legenda: mean - aritmetický průměr, SD - standardní odchylka, SEM - střední chyba průměru, min – minimální hodnota; max – maximální hodnota; MED - medián

4. VÝSLEDKY

4.1 VÝSLEDNÉ NORMATIVNÍ HODNOTY

V této kapitole jsou v tabulkách souhrnně uvedeny konkrétní hodnoty stanovené normy sportující populace (norm AN), které jsou doplněny o sloupce, ve kterých je vyjádřena hodnota Welchova t-tesu a p-hodnota, popisující statistickou významnost odlišnosti nově vzniklé AN normy pro věkovou skupinu 20-30 let a příslušnou normu uváděnou jako NeuroCom Data Range (norm NC). Diskuse k uvedeným hodnotám je dále v textu.

Legenda k tabulkám: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označená hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené $\alpha < 0,05$

Tabulka 3: SOT – Equilibrium Score; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněk o grafický záznam v příloze (Obrázek 1)

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
SOT	3	EQL-1	89,734	94,031	2,613	0,145	0,88480
SOT	3	EQL-2	88,582	92,669	2,485	1,455	0,14769
SOT	3	EQL-3	86,489	91,532	3,066	0,102	0,91859
SOT	3	EQL-4	75,825	85,339	5,784	3,595	0,00042
SOT	3	EQL-5	57,858	69,456	7,051	0,240	0,81095
SOT	3	EQL-6	55,032	69,193	8,610	1,640	0,10296
SOT	18	EQL-CMP	78,938	83,703	2,897	6,957	0,00000

Tabulka 4: SOT – Sensory Analysis; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 1)

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
SOT	1	RAT-SOM	91,955	0,943	0,026	1,246	0,21478
SOT	1	RAT-VIS	92,219	0,785	0,074	3,395	0,00083
SOT	1	RAT-VEST	90,522	0,591	0,090	0,230	0,81867
SOT	1	RAT-PREF	84,412	0,887	0,064	1,419	0,15752

Tabulka 5: LOS – Reaction Time; výsledné normativní hodnoty – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2)

data set	nobs	designation	upper_95	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	RT-F	1,214	0,802	0,251	6,463	0,00000
LOS	3	RT-B	1,003	0,658	0,210	8,718	0,00000
LOS	3	RT-R	1,040	0,693	0,211	0,445	0,65687
LOS	3	RT-L	1,000	0,667	0,203	-1,040	0,30079
LOS	8	RT-CMP	1,016	0,720	0,180	4,824	0,00000

Tabulka 6: LOS – Movement Velocity; výsledné normativní hodnoty – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2)

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	MVL-F	2,325	5,095	1,684	-5,643	0,00000
LOS	3	MVL-B	1,701	4,260	1,556	9,633	0,00000
LOS	3	MVL-R	2,283	4,997	1,650	-5,145	0,00000
LOS	3	MVL-L	3,009	5,816	1,707	-4,323	0,00004
LOS	8	MVL-CMP	2,574	4,969	1,456	-3,631	0,00044

Tabulka 7: LOS – Directional Control; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2)

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	DCL-F	76,761	86,434	5,881	1,889	0,06175
LOS	3	DCL-B	60,094	73,520	8,162	13,514	0,00000
LOS	3	DCL-R	69,561	80,778	6,820	2,069	0,04112
LOS	3	DCL-L	68,284	79,382	6,747	-1,380	0,17052
LOS	8	DCL-CMP	72,420	81,143	5,303	9,029	0,00000

Tabulka 8: LOS – Endpoint Excursion; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2)

s	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	EPE-F	62,883	82,540	11,951	-10,257	0,00000
LOS	3	EPE-B	53,846	72,854	11,556	11,371	0,00000
LOS	3	EPE-R	61,538	80,210	11,352	-8,746	0,00000
LOS	3	EPE-L	68,268	85,438	10,438	-8,234	0,00000
LOS	8	EPE-CMP	63,496	78,080	8,866	-5,539	0,00000

Tabulka 9: LOS – Maximal Excursion; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2)

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	MXE-F	85,163	97,590	7,556	-1,403	0,16427
LOS	3	MXE-B	76,194	90,024	8,409	19,410	0,00000
LOS	3	MXE-R	83,368	95,725	7,513	1,485	0,14103
LOS	3	MXE-L	85,612	97,276	7,091	-1,999	0,04893
LOS	8	MXE-CMP	82,999	93,774	6,551	6,798	0,00000

Tabulka 10: MCT – Latency Left and Right; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 3)

data set	nobs	designation	upper_95	mean	SEP	T hodnota	P-value
MCT	1	LLT-B-S	156,001	132,408	14,343	144,495	-
MCT	1	LLT-B-M	147,363	126,735	12,541	0,912	0,36882
MCT	1	LLT-B-L	140,625	122,694	10,901	1,525	0,13785
MCT	1	LLT-F-S	170,846	140,204	18,629	117,804	-
MCT	1	LLT-F-M	168,752	135,429	20,259	-3,305	0,00163
MCT	1	LLT-F-L	146,877	127,224	11,948	-2,697	0,01106
MCT	6	LLT-CMP	147,204	130,782	9,983	-	-
MCT	1	RLT-B-S	157,670	133,551	14,663	142,561	-
MCT	1	RLT-B-M	146,324	125,102	12,902	0,367	0,71635
MCT	1	RLT-B-L	140,611	121,796	11,439	1,282	0,20971
MCT	1	RLT-F-S	171,636	141,102	18,563	118,978	-
MCT	1	RLT-F-M	164,965	135,220	18,084	-3,511	0,00094
MCT	1	RLT-F-L	147,346	126,898	12,432	-2,362	0,02464
MCT	6	RLT-CMP	146,589	130,612	9,714	-	-

MCT	12	LT-CMP	145,816	130,697	9,192	-44,791	0,00000
-----	----	--------	---------	---------	-------	---------	---------

Tabulka 11: ADT – Toes Up a Down; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 5)

data set	nobs	designation	upper_95	mean	SEP	T hodnota	P-value
ADT	1	TUP-1	104,427	75,347	17,679	-1,600	0,11415
ADT	1	TUP-2	88,942	64,938	14,593	-0,484	0,62941
ADT	1	TUP-3	80,220	59,062	12,863	-1,144	0,25599
ADT	1	TUP-4	79,558	57,332	13,512	1,548	0,12443
ADT	1	TUP-5	72,421	53,611	11,435	0,280	0,78009
ADT	1	TDN-1	69,184	51,347	10,844	-5,670	0,00000
ADT	1	TDN-2	58,292	43,321	9,102	-1,259	0,21139
ADT	1	TDN-3	56,234	41,549	8,928	1,239	0,21843
ADT	1	TDN-4	56,525	41,228	9,300	2,912	0,00443
ADT	1	TDN-5	54,764	39,979	8,989	3,313	0,00124
ADT	5	TUP-CMP	76,806	62,058	8,966	-	-
ADT	5	TDN-CMP	56,024	43,485	7,623	-	-
ADT	10	ADT-CMP	65,487	52,772	7,731	-	-

Tabulka 12: RWS – On-Axis Velocity; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 6)

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
RWS	1	LR-V-S	2,512	3,106	0,361	3,871	0,00018
RWS	1	LR-V-M	3,876	4,694	0,498	2,846	0,00515
RWS	1	LR-V-F	7,326	9,490	1,316	2,603	0,01036
RWS	1	FB-V-S	1,684	2,189	0,307	7,001	0,00000
RWS	1	FB-V-M	2,627	3,234	0,369	3,665	0,00039
RWS	1	FB-V-F	4,281	5,882	0,973	1,444	0,15083
RWS	3	LR-V-CMP	4,904	5,764	0,523	-	-
RWS	3	FB-V-CMP	3,091	3,768	0,412	-	-
RWS	6	V-CMP	4,151	4,766	0,374	-	-

Tabulka 13: RWS – Directional Control; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 6)

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
RWS	1	LR-DC-S	74,707	82,404	4,680	-5,204	0,00000
RWS	1	LR-DC-M	78,904	86,067	4,355	-5,206	0,00000
RWS	1	LR-DC-F	83,663	90,062	3,891	-1,975	0,05011
RWS	1	FB-DC-S	66,648	79,326	7,708	-5,941	0,00000
RWS	1	FB-DC-M	71,343	82,736	6,926	-6,080	0,00000
RWS	1	FB-DC-F	76,322	86,492	6,183	-4,419	0,00002
RWS	3	LR-DC-CMP	80,870	86,178	3,227	-	-
RWS	3	FB-DC-CMP	75,428	82,851	4,513	-	-
RWS	6	DC-CMP	79,100	84,515	3,292	-	-

Tabulka 14: UNI – Mean COG Sway Velocity; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 7)

data set	nobs	designation	upper_95	mean	SEP	T hodnota	P-value
UNI	3	LSV-EO	0,762	0,553	0,127	-5,877	0,00000
UNI	3	LSV-EC	1,905	1,423	0,293	-5,674	0,00000
UNI	3	RSV-EO	0,791	0,580	0,128	-8,059	0,00000
UNI	3	RSV-EC	1,993	1,470	0,318	-6,268	0,00000
UNI	2	SV-EO-CMP	0,793	0,567	0,138	57,173	-
UNI	2	SV-EC-CMP	2,049	1,447	0,366	54,871	-
UNI	2	LSV-CMP	1,426	0,988	0,266	51,567	-
UNI	2	RSV-CMP	1,497	1,025	0,287	49,666	-
UNI	12	SV-CMP	1,250	1,007	0,148	-4,963	0,00000

4.2 NOVĚ STANOVENÉ NORMATIVNÍ HODNOTY

V níže uvedených tabulkách jsou uvedeny hodnoty parametrů, které nemají výrobcem stanoveny normativní hodnoty. U většiny parametrů, kde se obecně předpokládá symetrie každého jedince, vyšlo najevo, že v této skupině je jakási symetrie narušena a většina z parametrů se zobrazuje mírně vychýlena vlevo místo v dokonalém středu. Ve výsledcích jsou uvedeny konkrétní hodnoty 95% predikčního intervalu u parametrů, které jsou omezeny z jedné strany a 97,5% predikčního intervalu u

parametrů, kde je třeba vymezit oboustranně hodnoty v rámci stranové (levo-pravé nebo předozadní) symetrie. Všechny výsledky jsou doplněny o hodnotu predikovaného bodového průměru (mean) a standardní odchylku predikované chyby (SEP), tak aby tyto hodnoty byly v případě potřeby a zájmu snadno importovatelné do NC Analyse Software. Diskuse k uvedeným hodnotám je dále v textu.

Legenda k tabulkám: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; lower_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu SEP - standardní chyba predikce

Tabulka 15: SOT – Strategy Analysis; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
SOT	3	STRA-1	91,173	91,955	96,038	100,121	100,903	2,482
SOT	3	STRA-2	91,557	92,219	95,672	99,126	99,787	2,100
SOT	3	STRA-3	89,698	90,522	94,819	99,117	99,940	2,613
SOT	3	STRA-4	83,317	84,412	90,129	95,846	96,942	3,476
SOT	3	STRA-5	71,559	73,220	81,891	90,562	92,224	5,272
SOT	3	STRA-6	73,027	74,727	83,600	92,473	94,173	5,395
SOT	18	STRA-CMP	85,861	86,584	90,358	94,133	94,856	2,295

Tabulka 16: LOS – Reaction Time; nově stanovené normativní hodnoty – směr 1F, 2RF, 3R, RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	RT-1F	0,041	0,200	1,032	1,863	2,022	0,505
LOS	1	RT-2RF	0,084	0,185	0,711	1,238	1,339	0,320
LOS	1	RT-3R	0,170	0,260	0,729	1,198	1,288	0,285
LOS	1	RT-4RB	0,065	0,157	0,640	1,122	1,214	0,293
LOS	1	RT-5B	0,065	0,159	0,650	1,141	1,235	0,299
LOS	1	RT-6LB	0,092	0,187	0,685	1,184	1,279	0,303
LOS	1	RT-7L	0,128	0,212	0,651	1,090	1,174	0,267
LOS	1	RT-8LF	0,120	0,207	0,664	1,121	1,209	0,278

Tabulka 17: LOS – Movement Velocity; nově stanovené normativní hodnoty – směr 1F, 2RF, 3R, RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	MVL-1F	0,017	0,682	4,156	7,629	8,294	2,111
LOS	1	MVL-RF	0,730	1,439	5,143	8,846	9,556	2,252
LOS	1	MVL-3R	0,754	1,485	5,300	9,116	9,847	2,320
LOS	1	MVL-4RB	0,852	1,446	4,547	7,647	8,241	1,885
LOS	1	MVL-5B	-0,528	0,064	3,155	6,245	6,837	1,879
LOS	1	MVL-6LB	1,057	1,703	5,080	8,456	9,103	2,053
LOS	1	MVL-7L	1,573	2,346	6,383	10,419	11,193	2,454
LOS	1	MVL-8LF	1,393	2,132	5,986	9,840	10,578	2,343

Tabulka 18: LOS – Directional Control; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	DCL-1F	77,221	79,351	90,469	101,588	103,718	6,759
LOS	1	DCL-2RF	67,308	70,228	85,469	100,711	103,631	9,266
LOS	1	DCL-3R	68,904	71,413	84,510	97,607	100,116	7,962
LOS	1	DCL-4RB	47,188	51,234	72,355	93,476	97,522	12,841
LOS	1	DCL-5B	53,394	57,381	78,196	99,011	102,998	12,655
LOS	1	DCL-6LB	44,445	48,555	70,008	91,461	95,571	13,042
LOS	1	DCL-7L	69,605	72,044	84,776	97,507	99,947	7,740
LOS	1	DCL-8LF	66,361	69,095	83,363	97,632	100,365	8,675

Tabulka 19: LOS – Endpoint Excursion; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	EPE-1F	26,870	33,739	69,596	105,453	112,322	21,800
LOS	1	EPE-2RF	52,098	57,581	86,200	114,819	120,302	17,399
LOS	1	EPE-3R	48,294	52,878	76,804	100,730	105,314	14,546
LOS	1	EPE-4RB	40,987	46,877	77,624	108,372	114,262	18,693
LOS	1	EPE-5B	27,440	32,369	58,098	83,827	88,756	15,642
LOS	1	EPE-6LB	48,230	53,795	82,841	111,887	117,451	17,659
LOS	1	EPE-7L	56,749	60,752	81,649	102,546	106,549	12,705
LOS	1	EPE-8LF	63,327	67,908	91,824	115,741	120,322	14,540

Tabulka 20: LOS – Maximal Excursion; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	MXE-1F	68,786	72,563	92,278	111,992	115,769	11,986
LOS	1	MXE-2RF	80,558	83,608	99,531	115,453	118,503	9,680
LOS	1	MXE-3R	77,593	80,043	92,833	105,622	108,072	7,776
LOS	1	MXE-4RB	70,569	74,467	94,812	115,158	119,056	12,369
LOS	1	MXE-5B	53,396	57,498	78,910	100,322	104,424	13,018
LOS	1	MXE-6LB	75,510	78,861	96,351	113,841	117,192	10,633
LOS	1	MXE-7L	78,946	81,449	94,514	107,580	110,083	7,943
LOS	1	MXE-8LF	83,921	86,661	100,963	115,266	118,006	8,695

Tabulka 21: MCT – Amplitude Scaling; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 4)

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
MCT	1	LAM-B-S	-2,347	-1,242	4,522	10,287	11,392	3,505
MCT	1	LAM-B-M	-0,177	1,009	7,200	13,391	14,577	3,764
MCT	1	LAM-B-L	1,877	3,344	11,000	18,656	20,123	4,655
MCT	1	LAM-F-S	-2,729	-1,773	3,216	8,206	9,162	3,034
MCT	1	LAM-F-M	-0,092	0,972	6,527	12,081	13,145	3,377
MCT	1	LAM-F-L	2,287	3,439	9,457	15,475	16,628	3,659
MCT	6	LAM-CMP	1,336	2,244	6,987	11,730	12,639	2,883
MCT	1	RAM-B-S	-1,872	-0,872	4,351	9,574	10,574	3,175
MCT	1	RAM-B-M	0,106	1,225	7,065	12,906	14,025	3,551
MCT	1	RAM-B-L	1,676	3,119	10,649	18,179	19,622	4,578
MCT	1	RAM-F-S	-2,286	-1,402	3,212	7,827	8,711	2,805
MCT	1	RAM-F-M	0,420	1,403	6,531	11,658	12,641	3,117
MCT	1	RAM-F-L	2,589	3,687	9,420	15,154	16,252	3,486
MCT	6	RAM-CMP	1,669	2,505	6,871	11,238	12,074	2,655

Tabulka 22: MCT – Weight Symmetry; nově stanovené predikované normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 4)

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
MCT	1	WS-B-S	83,070	85,371	97,380	109,388	111,689	7,301
MCT	1	WS-B-M	83,708	85,962	97,727	109,491	111,745	7,152
MCT	1	WS-B-L	83,679	85,940	97,743	109,546	111,807	7,176
MCT	1	WS-F-S	83,534	85,829	97,808	109,787	112,082	7,283
MCT	1	WS-F-M	83,657	85,945	97,890	109,834	112,122	7,262
MCT	1	WS-F-L	83,394	85,735	97,959	110,183	112,525	7,432
MCT	6	WS-CMP	84,141	86,329	97,751	109,173	111,361	6,944

Tabulka 23: MCT – Strenght Symmetry; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 4)

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
MCT	1	SS-B-S	61,325	67,086	97,159	127,232	132,993	18,283
MCT	1	SS-B-M	68,095	73,097	99,212	125,327	130,330	15,877
MCT	1	SS-B-L	68,941	73,634	98,135	122,635	127,329	14,895
MCT	1	SS-F-S	61,354	67,637	100,43	133,236	139,520	19,941
MCT	1	SS-F-M	70,392	75,181	100,18	125,178	129,967	15,198
MCT	1	SS-F-L	75,980	79,790	99,682	119,573	123,384	12,093
MCT	6	SS-CMP	78,848	82,110	99,134	116,158	119,420	10,350

Tabulka 24: WBS; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 8)

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
WBS	1	LWBS-0	44,078	45,193	51,016	56,838	57,953	3,540
WBS	1	RWBS-0	42,047	43,162	48,984	54,807	55,922	3,540
WBS	1	LWBS-30	43,026	44,142	49,964	55,786	56,901	3,540
WBS	1	RWBS-30	43,099	44,214	50,036	55,858	56,974	3,540
WBS	1	LWBS-60	43,477	44,592	50,415	56,237	57,352	3,540
WBS	1	RWBS-60	42,648	43,763	49,585	55,408	56,523	3,540
WBS	1	LWBS-90	43,332	44,447	50,269	56,092	57,207	3,540

4.3 VÝSLEDKY POPISUJÍCÍ RELIABILITU TESTOVACÍCH PROTOKOLŮ

Stanovení korelačního koeficientu bylo provedeno na základě testu - retestu, kdy probandi přesně dle stanovených podmínek (Natus Medical Inc., 2016) podstoupili kompletní baterii testových protokolů SMEQ. Všichni probandi se v jednom týdnu podrobili zácviku všemi testovanými protokoly a v následujícím týdnu opět podstoupili kompletní baterii testových protokolů SMEQ (test). Opakované měření (re-test) bylo provedeno v dalším období přesně s týdenním odstupem od prvního (testového) laboratorního měření.

V rámci testové statistiky byla tato pozorování (test – retest) vyhodnocena a byly stanoveny hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu „r“ a p-hodnoty testu nulovosti korelace (korelace=0) na stanovené hladině významnosti $\alpha < 0,05$. Jak bylo uvedeno, všechny použité statistické testy předpokládají adekvátní počet pozorování a mimo jiné i nezávislost jednotlivých pozorování posturografických testů). (Zvára, 2000) Přes výše zmíněné, byly v rámci tohoto pilotního šetření nedostatky ignorovány a výstupem pilotního šetření jsou hodnoty korelace a p-hodnoty jednotlivých testovacích parametrů.

Tabulka 25: Reliabilita celkových parametrů SMEQ, test-retest, (n=9)

designation	nobs	hodnota r	p-hodnota korelace
RT	9	0,0433	0,7340
MVL	9	0,5378	< 0,0001
DC	9	0,7793	< 0,0001
EPE	9	0,6635	< 0,0001
MXE	9	0,8146	< 0,0001
EQL	19	0,7099	< 0,0001
STRA	18	0,5602	< 0,0001
SEN	4	0,8212	< 0,0001
WS	6	0,4804	0,0005
LLT	6	0,3658	0,0105
RLT	6	0,1967	0,1802
LAM	6	0,8175	< 0,0001
RAM	6	0,7442	< 0,0001

SS	6	0,3193	0,0269
OAV	12	0,9508	< 0,0001
DCL	9	0,4745	0,0006
SV		0,5634	< 0,0001
WBSL	4	0,5215	0,0022
WBSR	4	0,5215	0,0022
ADT	10	0,2348	0,0359

Legenda: designation – testový parametr SMEQ; nobs – počet použitých podmínek jednotlivých parametrů, P-hodnota t-testu – hodnota testové statistiky t-testu, r - korelační koeficient, P-hodnota korelace – hodnota tesové korelace; parametry: RT – Reaction Time, MVL – Movement Velocity, DCL – Directional Control, EPE – Endpoint Excursion, MXE – Maximal Excursion, EQL – Equilibrium Score, STRA – Strategy Analysis, SEN – Sensory Analysis, WS – Weight Symmetry, LLT – Latency levá strana, RLT – Latency pravá strana, LAM – Amplitude levá strana, RAM – Amplitude pravá strana, SS – Strenght Symmetry, OAV – On-Axis Velocity, DC – Directional Control, SV – Sway Velocity, WBSL – Weight Bearing Squat levé strany, WBSR – Weight Bearing Squat pravé strany, ADT – Adaptation Test

Ve výše uvedené tabulce jsou uvedeny jednotlivé hodnoty testové statistiky popisující reliabilitu testových parametrů.

Důkazem základní vlastnosti výše uvedených posturografických testů (obdobu motorických testů) je výše hodnoty koeficientu r . Koeficient by měl dosahovat hodnot mezi $-1 \leq r \leq 1$. Ve výše uvedené tabulce jsou zeleně označeny hodnoty korelačního koeficientu dle Měkoty a Blahuše (1983) vyšší než 0,8 i za předpokladu výše uvedených nedostatků pilotního šetření.

Zeleně jsou vyznačeny významné p-hodnoty korelace, u kterých je zapotřebí zopakovat, že jsou vytvořeny pilotně, jako možný návodný proces pro případné další stanovování reliability testů.

5. DISKUSE

Práce se zabývala stanovením nových normovaných hodnot, které by byly vhodné pro testování sportující populace ve věku 20-30 let („Athlets Norm 20-30“); (n=245, případně n=193). Důvodem k řešení práce bylo zjištění, založené na zkušenosti posturografických měření v Kineziologické laboratoři Katedry Fyzioterapie UK FTVS, že výsledky testů sportující populace nelze objektivně srovnat s příslušnými hodnotami, které výrobce NeuroCom Natus Incorporated integroval do vyhodnocovacího systému. Dynamický počítačový posturograf SMEQ je v běžné klinické praxi v celorepublikovém i světovém měřítku převážně používán pro hodnocení dynamické posturální stability pacientů, kteří mají klinické potíže projevující se sníženou schopností stability. Většina prováděných studií na půdě Fakulty tělesné výchovy a sportu, je prováděna v souvislosti s detailní analýzou pohybového projevu sportovců a při vyhodnocování kvalit posturálního zabezpečení se ukázalo, že nastavení norem, jež jsou integrovány do SMEQ, pro vyhodnocení sportovců není natolik detailní a citlivé, aby splňovalo nároky řešení prováděných studií a výzkumů.

Hodnoty NeuroCom Data Range (dále jen „norm NC“) lze vyhledat v doprovodné dokumentaci přístroje a detailní analýzou bylo zjištěno, že normované hodnoty pro jednotlivé testovací protokoly jsou výsledkem několika studií o různě velkém počtu testovaných skupin. Překvapivé bylo i zjištění, že hodnoty normy byly stanovovány i pro odlišně určené věkové hranice testovaných. Dalším zjištěním bylo, že samotné číselné vyjádření hodnot bylo stanoveno prostým průměrem výsledků testované skupiny, doplněné o hodnotu standartní odchylky vyhodnocených dat. Hodnoty norm AN tedy jsou založeny na průměrných hodnotách bez ohledu na to, že většina testů je designována tak, že jednotlivé testovací procedury se opakují; tzn. lze předpokládat, že se v rámci samotného testování jedince dostaví, již během samotného vyšetření, efekt motorického učení.

5.1 DISKUSE K CÍLI PRÁCE Č. 1

Vzhledem k absenci normovaných hodnot pro sportující populaci v rámci přístrojového vyhodnocení SMEQ si práce kladla za hlavní cíl stanovit *normované*

hodnoty pro všechny jednotlivé parametry testovacích protokolů CDP, které lze získat v rámci měření testovacími protokoly SMEQ. Cílovou skupinou byla sportující, zdravá populace v České republice, tvořená jedinci ve věku 20-30 let. Stanované normované hodnoty jsou pro lepší orientaci v práci označovány jako „norm AN“ („Athlets Norm 20-30“).

Práce si kladla za cíl stanovit nové normy, jejichž hodnoty by reflektovaly způsob provedení samotného testování (opakování stejně obtížných podmínek, zvyšování náročnosti testovacích podmínek, změny směru, změny rychlosti testovacích podmínek, apod.) a zohlednit jejich vliv ve výsledné hodnotě. Cílovou skupinou byla stanovena skupin aktivně sportujících jedinců ve věku 20-30 let. Při detailní analýze data-setu, který byl sestaven ze všech hodnot získaných vyhodnocením všech parametrů u všech testovacích protokolů, vyšly najevo charakteristické projevy vlastností dat, které byly později v rámci sestavování vzorce modelu pro výpočet nových norem, již zohledněny.

Celý data-set všech testovaných parametrů, u záměrně zvolené výzkumné skupiny, obsahoval zaznamenané hodnoty u $n=245$ testovaných osob výsledky u 7 základních testovacích protokolů, u kterých byly zaznamenány všechny testované parametry, tj. u testovacího protokolu LOS bylo analyzováno 65 parametrů, u testovacího protokolu SOT bylo analyzováno 18 parametrů, u testovacího protokolu MCT bylo analyzováno 43 parametrů, u testovacího protokolu ADT bylo analyzováno 13 parametrů, u testovacího protokolu RWS bylo analyzováno 18 protokolů, u testovacího protokolu UNI bylo analyzováno 9 parametrů a u testovacího protokolu WBS bylo analyzováno 10 parametrů. Data, která byla prvotně analyzována, byla tedy tvořena hodnotami data-setu, která čítala 176 parametrů u každého z 245 testovaného jedince.

U jednotlivých parametrů byl zjištěn rozptyl dat, který u všech parametrů nebyl totožný, a proto byla i tato skutečnost zohledněna ve způsobu výpočtu nových hodnot norm AN. Ignorováním této skutečnosti by mohlo u predikovaných norm AN hodnot vést k nepřiměřeně vysokým, resp. nízkým hodnotám samotné normy.

Pro výpočet hodnot norm AN byl použit lineární smíšený model s náhodným interceptem, tj. absolutním členem. Kdy náhodné efekty jednotlivých jedinců lze interpretovat jako přirozenou schopnost být dobrý nebo špatný v reakci na testovaný podnět. V práci použitý model, pro výpočet normovaných hodnot jednotlivých

testovacích protokolů, respektuje (koeficienty fixní části) počet opakování, zvyšující se náročnost, mění se rychlost apod. Stejně tak je upraven, aby při výpočtu byla zohledněna predikce průměru přes všechna opakování jednotlivých pokusů, které jsou dány designem samotného testovacího protokolu.

Koeficienty lze v budoucnu případně rozšířit i o další testované podmínky, tj. například specifickou skupinu sportovců danou konkrétním sportem (vysocí basketbalisté, drobné gymnastky, ...), tak aby norma mohla být případně použita pro konkrétní populační skupinu.

Lineární smíšený model svou matematickou konstrukcí umožňuje přidání i další konstanty z důvodu zjištění závislosti přidané proměnné. (Pillinger, 2014) V literatuře jsou často diskutovány věk, výška a váha jedince, o kterých je předpokládáno, že nejvíce ovlivňují kvalitu posturální stabilizace. (Błaszczuk, 2016; Ferber-Viart et al., 2007; Rinaldi et al., 2009; Steindl et al., 2006) K potvrzení této diskuse a k potvrzení funkčnosti použitého modelu, byl jednoduchý lineární smíšený model postupně doplněn o regresor (věk, výška, váha a BMI) o kterém se předpokládalo, že by mohl ovlivnit hodnotu stanovených norem.

Byl-li by využíván lineární smíšený model obohacený o další intercepty, lze tedy normu správně nastavovat na konkrétního člověka (příslušným posunutím bodové predikce hodnot norm AN

Hlavním cílem práce bylo stanovení konkrétních normovaných hodnot parametrů testovacích protokolů SMEQ. Nové hodnoty norm AN byly konstruovány jako jednostranné 95% nebo oboustranné 97,5% predikční intervaly, jejichž meze jsou překročeny zhruba 5% jedinců, kteří dosahují nežádoucích extrémních hodnot. Ve výsledcích jsou uvedeny a modře označeny příslušné hodnoty s uvedením, jakým intervalem a z jakého směru byly hodnoty omezeny.

Predikční interval využívající jednostranné horní omezení 95% predikčního intervalu, v práci označovaný jako **upper_95**, byl využit a stanoven u 64 parametrů dynamické posturální stability, tj. u parametru Reaction Time u testovacího protokolu LOS, parametru Latency u testovacího protokolu MCT, u parametru Sway Velocity testovacího protokolu UNI, u parametru Toes Up a Toes Down testovacího protokolu ADT. Všechna tato omezení odpovídají i hodnotám norm NC. (Natus Medical Inc., 2007,

2013) Nově stanoveny byly hodnoty norm AN pro detailní směry u testu Reaction Time, Amplitude Scaling včetně jejich kompozitních skóreů.

Predikční interval využívající jednostranné dolní omezení 95% predikčního intervalu, v práci označovaný jako **lower_05**, byl využit a stanoven u 88 parametrů dynamické posturální stability, tj. u parametru Movement Velocity, Directional Control, Endpoint Excursion a Maximal Endpoint Excursion testovacího protokolu LOS, u parametru Equilibrium Score, Strategy Analysis a Sensory Ratio u testovacího protokolu SOT, u parametru Velocity a Directional Control u testovacího protokolu RWS. I v tomto případě všechna omezení odpovídají hodnotám norm NC. (Natus Medical Inc., 2007, 2013)

Oboustranné omezení 97,5% predikčního intervalu bylo stanoveno u všech parametrů, které potřebují vymezit z horní i dolní rozsah hodnot, tj. Weight Symmetry a Strength Symmetry testovacího parametru MCT, u kterého byly normy nově vytvořeny. Oboustranné omezení bylo použito i u parametru Weight Bearing Percentage testovacího protokolu WBS. (Natus Medical Inc., 2007, 2013)

Z výše uvedeného lze vyvodit, že první cíl této práce byl naplněn.

5.2 DISKUSE K CÍLI PRÁCE Č. 2

Druhým cílem práce bylo ověření rozdílů stanovených hodnot norm AN s běžně používanými hodnotami norm NC. K tomuto druhému cíli se také vztahuje první výzkumná otázka a první hypotéza.

Stanovení statistického rozdílu, mezi hodnotami norm AN a norm NC, bylo provedeno pomocí Welchova t-testu, jenž je modifikací Studentova dvouvýběrového testu hodnotící neshodné rozptyly. Testová statistika byla provedena na hladině významnosti $\alpha=0,05$, pro všechny parametry jednotlivých testovacích protokolů, které i u norm NC měly známou konkrétní hodnotu. Výsledky testové statistiky jsou uvedeny ve výše uvedených tabulkách, z kterých je zřetelné jaké parametry dosáhly statisticky významných hodnot.

Pro prostudování metodiky, kterou byly referenční hodnoty norm NC zpracovány, bylo předpokladem, že se nově vzniklé normované hodnoty budou, díky metodickému způsobu zpracování dat lišit od těch původních. (Alvarez-Otero & Perez-Fernandez, 2017; Chaudhry et al., 2011; Pang et al., 2011)

Předpoklad rozdílnosti hodnot jednotlivých norem vychází i ze skutečnosti, že jednotlivé normy byly stanovovány z nehomogenních, různě početných výzkumných skupin s odlišným zastoupením mužů a žen a i s odlišně zvolenou věkovou hranicí. V dokumentaci náležící SMEQ lze dohledat, že hodnoty norm NC byly stanoveny na 4 rozdílných souborech (n=29, n=64, n=74 a n=112). Pouze u souboru n=74 byl určen poměr zastoupení mužů a žen (31 mužů a 43 žen). U ostatních sledovaných souborů tato informace chybí. U žádného zmiňovaného souboru nebyly doloženy žádné informace popisné statistiky ani u věku, váhy a výšky.

Skupinou čítající n=29 (20-59 let) byly stanoveny hodnoty testovacího protokolu MCT a to pouze u parametru LT, u ostatních parametrů normované hodnoty stanoveny nebyly. Skupinou čítající n=64 (20-59 let) byly stanoveny hodnoty testovacího protokolu ADT. Hodnoty parametrů, které byly stanoveny ze vzorku n=74 (20-39 let) byly u LOS, RWS a UNI. Nejpočetnější skupina n=112 (20-59 let) byla využita pro stanovení normovaných hodnot u všech parametrů testovacího protokolu SOT, jež se pro hodnocení anticipační dynamické posturální stability, jeví nejlepším nástrojem.

Norm AN byla stanovena z výzkumného souboru n=245 pro LOS, SOT a MCT; n=193 pro ADT, RWS, WBS a UNI. U souboru n=245 (20-30 let) bylo zastoupeno pohlaví v počtu 107 mužů a 138 žen. U souboru n=193 (20-30 let) bylo zastoupeno pohlaví v počtu 84 mužů a 109 žen.

Z empirie běžného života, ale i z výsledků prací (Liaw et al., 2009; Ricci et al., 2009) je jednoznačné, že úroveň dynamické i statické stability je ovlivňována věkem jedince. Mnoho studií poukazuje i na pokles posturální jistoty s věkem, což bývá i příčinou zvýšeného rizika pádů. Studie (Binda et al., 2003; Hatch et al., 2003; Jbabdi et al., 2008; Kashikar & Nagarkar, 2012; Vomáčková, Čermáková, et al., 2020) ověřily, že v důsledku senzomotorických změn v průběhu stárnutí se projevuje sníženou kontrolou pohybu vzad. S přibývajícím věkem se mění i kvalita motorické odpovědi, která se nejvíce vzdaleka tak rychlá a integrovaná jako v mladším věku.

V práci byly záměrně stanoveny normované hodnoty pro celou skupinu, bez ohledu na pohlaví, s vědomím, že použitý smíšený lineární model může i tuto proměnnou, resp. regresor zohlednit při stanovování případně modifikovaných hodnot norem.

Celkem bylo možno testovou statistikou zatížit 75 parametrů a u 27 parametrů nebyla prokázána statistická významnost rozdílu mezi norm AN a NC, tj. 33,3%.

Výše uvedeným je naplněn i druhý cíl práce. Výsledky testové statistiky prokázaly, že rozdíl hodnot jednotlivých parametrů norem není roven nule, tj. nulová hypotéza H_{10} byla prokázána za nepravdivou. Alternativní hypotéza H_{1A} nebyla potvrzena, protože nedošlo k statisticky významnému ověření rozdílu u všech testovaných a vyhodnocovaných parametrů.

5.3 DISKUSE K CÍLI PRÁCE Č. 3

Třetím, doplňujícím, cílem práce bylo pilotně stanovit reliabilitu všech jednotlivých parametrů testovacích protokolů získatelných pomocí SMEQ, které se testují v podmínkách Kineziologické laboratoře katedry Fyzioterapie UK FTVS. K třetímu cíli práce se vztahuje druhá výzkumná otázka a druhá hypotéza.

Testování reliability všech parametrů v rámci pilotního šetření bylo provedeno pouze na skupině čítající $n=9$ jedinců ve věku 20-30 let. Důvodem byla snaha o pilotní stanovení korelačního koeficientu u všech testovaných parametrů, neboť tyto informace se v dokumentaci u všech parametrů neobjevují. Korelační koeficienty z dat testu a opakovaného re-testu byly stanoveny individuálně pro všechny jednotlivé parametry) a také pro jednotlivé testové protokoly. Pearsonův korelační koeficient měří linearitu vztahu dat z prvního a opakovaného týdne; tj. testuje, jak moc spolu souvisí.

Korelační koeficient „r“ a p-hodnota testu při nulovosti korelace byla stanovena u všech 271 hodnotitelných parametrů daných základním data-setu, bez ohledu na to, k jakému testovacímu protokolu náleží. Za dobrou, resp. dostačující spolehlivost testu byla brána hodnota korelačního koeficientu rovna nebo vyšší 0,8. Ze všech jednotlivých testovaných parametrů tuto podmínku splnilo 40 parametrů. Rozmezí korelačního

koeficientů bylo u těchto parametrů 0,80-0,99, což by mohlo být posouzeno jako velmi dobrá míra spolehlivosti. Ale i na tomto místě je třeba podotknout, že z devíti pozorování nelze tyto pilotně zjištěné výsledky považovat za přesvědčivě spolehlivé.

Korelační koeficient i hodnota testové statistiky byly dále stanoveny i pro testovací parametry brané jako celek (Tabulka 25), bez ohledu na to, z kolika dílčích parametrů jsou celkové výsledné hodnoty tvořeny. Z 20 testovaných položek splnilo podmínku pro stanovení dobré míry korelace, tj. $r \geq 0,8$ pouze 4 parametry a to MXE, SEN, LAM OAV. Opět je třeba podotknout, že byly záměrně ignorovány nedostatky tohoto pilotního šetření (malý počet pozorování, nestejně rozdělení dat, ...) a proto tyto hodnoty nelze považovat ze spolehlivé a přesvědčivé.

V dokumentaci dodané k SMEQ lze dohledat data o reliabilitě pouze u testu SOT, kdy udané hodnoty byly stanoveny lineární regresí. (Natus Medical Inc., 2007). Hodnoty, udávající reliabilitu byly výrobcem (bez udání designu práce) stanoveny takto: RT 0,74; MVE 0,80; MXE 0,76; EPE 0,73 a DCL 0,68.

Dle autorů zmiňovaných v samotné disertační práci lze reliabilitu u některých testových protokolů SMEQ a jejich vybraných parametrů, považovat za vysoce reliabilní. Bohužel se v literatuře nevyskytují informace o reliabilitě testů UNI a WBS, které jsou obecně ve studiích, popisující dynamickou posturální stabilizaci, zřídka používané. Tato skutečnost zřejmě pramení z podstaty samotných testových protokolů, kdy jejich účelem je zaznamenání rozložení váhy bipedálního stoje, případně zaznamenání reaktivních odpovědí organismu při stoje na jedné dolní končetině a to bez rušivých vlivů zevního prostředí. Právem tyto testy jsou v rámci vyšetření dynamické posturální stability v systému SMEQ brány jako doplňkové.

Z výše uvedeného a z popisu výsledků pilotního šetření, které jsou záměrně, z důvodu zachování běžné struktury práce meritorního cíle, uvedeny již v kapitole (3.5.5.3, str. 17) lze uvést, že třetí cíl byl rámci zpracování práce splněn. Výsledky testové statistiky prokázaly, že hodnota koeficientu reliability není u všech testovaných parametrů rovna nule, tj. nulová hypotéza H_{20} byla prokázána za nepravdivou. Alternativní hypotéza H_{2A} byla potvrzena.

5.4 DISKUSE K PRAKTICKÝM VÝSTUPŮM PRÁCE

V problematice postury, posturální stability, stabilizace včetně jejího řízení se nejen v aktuální literatuře, ale i ve všeobecném vnímání této problematiky, lze setkat s mnoha terminologickými a faktickými nesrovnalostmi. Nejednotná terminologie, zvláště v zahraniční literatuře je mimo jiné uváděna u pojmů - posturální stabilita (ve významu angl. balance), která bývá často zaměňována za rovnováhu či klidný stoj. Stejně tak často bývají zaměňovány pojmy - dynamická a statická stabilita, posturografie a stabilometrie.

V rámci práce nebyly popisovány biomechanické, kineziologické i neurofyzilogické vztahy, na kterých je řízení motoriky a tedy i posturálních reakcí závislé. Ačkoliv pro pochopení takto hlubokého a širokého tématu, jako je posturální stabilita člověka, jsou tyto znalosti nezbytné, nejsou tyto informace a vztahy z nich vyplývající v práci uvedeny, neboť meritem práce bylo stanovit normované hodnoty pro skupinu mladých sportujících lidí, které mohou mít přesah do klinické praxe sportovců.

Celá práce a tedy i diskutované studie a práce autorů jsou prováděny na stejném testovacím zařízení (případně na jeho vývojových obdobách), což je naprosto záměrně voleno. Tato skutečnost však to může být v rámci zpracování práce, omezující se pouze na jediný použitý systém CDP, limitem.

Většina prací, popisující dynamickou posturální stabilitu u sportovců (Alonso et al., 2009; Brito et al., 2012; Chow et al., 2016; Cripps et al., 2018; Faraldo-García et al., 2012; Gstöttner et al., 2009; Heebner et al., 2017; Hung et al., 2019; Martin-Sanz et al., 2017; Molikova et al., 2006; Olchowik & Czwalik, 2020; Pletcher et al., 2017; Wallmann, 2004; Wrisley et al., 2007; Yuntao et al., 2017) volila jako referenční hodnoty k posouzení výsledků data, která jsou integrována do vyšetřovacího softwaru, jež jsou sestavena na nehomogenních skupinách americké populace z neurčité doby.

V roce 1997, bylo stanoveno (Americkou akademií ORL - Chirurgie hlavy a krku (AAO-HNS), že systém EquiTest byl prokázán za spolehlivou klinickou metodu pro stanovení posturální kontroly. (Monsell et al., 1997) K zaručení získávání smysluplných dat bylo zapotřebí co nejobsáhlejší databáze reflektující nejen výsledky vyšetření dle věkových kategorií, ale i výsledky zdravých jedinců či případně s diagnostikovanými chorobami. Jak již bylo popsáno, informace o demografických datech a homogenosti

testovaných souborů (pro n=29, n=64, n=74, n=112) nelze v dodané přístrojové dokumentaci pro hodnoty norm NC dohledat.

SMEQ disponuje sedmi základními testovacími protokoly, jež poskytují 20 jednotlivých parametrů CDP a normované hodnoty nebyly uvedeny pro parametr STRA, WS, LAM, RAM, SS, WBS. U testových parametrů nejčastěji používaného protokolu LOS nebyly uvedeny normované hodnoty k jednotlivým osmi vyšetřovacím směrům, ale pouze hodnoty pro průměrově sjednocené základní 4 směry (F – front, R – right, B – back, L – left).

V pracích zahraničních autorů, jež jsou zmíněny v předcházejících částech textu, zabývající se specifickým vlivem sportu na změnu úrovně parametrů dynamické posturální stability, strategie anebo popisem rozdílů mezi jednotlivými sporty, nebyla dodržena jednotná metodika, často nebyl použit ani vyhovující design práce a samotné porovnání výsledných dat bylo vztaženo k norm NC nebo k hodnotám kontrolní skupiny.

Nově stanovené hodnoty norm AN nabízejí možnost velmi detailního hodnocení všech parametrů SMEQ. Velkou výhodou se jeví i skutečnost, že hodnoty, tak jak jsou zpracovány lze, dle instrukcí uvedených v (Natus Medical Inc., 2007), integrovat do NeuroCom® Balance Manager® Clinical Software (modifikací dat NCOMSYS7.NRM File dostupného v C:/BCenter) a vytvořit tak novou možnost k hodnocení budoucích jedinců – sportovců přímo v rámci vyhodnocení samotného přístroje SMEQ.

Integrací norm AN do analytického softwaru se nabízí možnost provádět další a rozsáhlejší studie na sportující populaci, zvláště ve vztahu k vhodnosti pokračování dalších výzkumů v této oblasti.

Limity práce

Dle zkušeností, plynoucích z dlouhodobého laboratorního měření, vyplynula v rámci instruktáže testovaného potřeba jasných a výstižných povelů. Přestože jsou povely manuálem (Natus Medical Inc., 2016) jasně definované, je třeba mít na zřeteli, že je radno se ujistit, že testovaný chápe obsahový význam slovních povelů.

Vzhledem ke skutečnosti, že data pro sestavení normovaných hodnot byla sbírána po dobu tří let, nelze v tuto chvíli zaručit, že byla pro laboratorní měření dodržena podmínka stejného úseku dne, což pochopitelně může být další limitem práce.

V práci je vědomě zanedbáván vliv řady faktorů ovlivňující funkci CNS, včetně okamžitých a krátkodobých vlivů jako je únava, motivace, senzorická aference a nebo i hladina glykémie v krvi.

Doporučení

Na základě zkušeností získaných při tvorbě disertační práce, jak při samotném laboratorním měření, tak při analýze výsledných dat lze poznamenat několik praktických doporučení pro budoucí studie využívající SMEQ.

1. Přesná a názorná instruktáž testovaných jedinců; včetně zkušebního zácvičku testovacích protokolů; tj. optimálně jeden pokus pro test SOT, LOS a MCT; optimálně 3s zácviček pro test RWS pro každý směr, jeden pokus bilaterálně pro UNI; nácvik flexe kolenních kloubů v příslušných stupních pro testovací parametr WBS a video instruktáž pro testovací protokol ADT.
2. Volba designu testování ve vztahu k posloupnosti jednotlivých testovacích protokolů; včetně dodržení podmínky, že testovací protokol LOS musí předcházet testovacímu protokolu RWS.
3. V případě opakovaných měření (bez záměrného vlivu výzkumné intervence) dodržet odstup od jednotlivých laboratorních testování minimálně 3 dny.

6. ZÁVĚR

Objektivní hodnocení dynamické posturální stability pomocí CDP (Computerized Dynamic Posturography) je jedním z moderních přístupů, popisující kvalitu posturálních funkcí. Přístrojové vybavení Balance Manager System SMART EquiTest firmy NeuroCom® International (SMEQ), umožňuje vyhodnotit parametry dynamické posturální stability pomocí baterie obsahující sedm testovacích protokolů.

Meritorním cílem disertační práce bylo stanovení normovaných hodnot jednotlivých parametrů všech testovacích protokolů systému SMEQ. Důvodem pro stanovení nových referenčních hodnot bylo zjištění, že hodnoty, které software SMEQ běžně pro vyhodnocení jednotlivých měření využívá, nejsou dostatečně citlivé a detailně nastavené k vyhodnocení dynamické posturální stabilizace sportující populace.

Pro stanovení normovaných hodnot jednotlivých protokolů byl v práci použit lineární smíšený model s náhodným absolutním členem, který respektuje (přítomností koeficientů ve fixní části vzorce modelu) zvyšující se náročnost, měnící se rychlost a časový sled jednotlivých posturálních úloh, jež jsou součástí procesu laboratorního měření. Model je současně upraven, aby při výpočtu normovaných hodnot byla zohledněna predikce průměru přes všechna opakování jednotlivých pokusů, které jsou dány designem samotného testovacího protokolu.

Koeficienty lze v budoucnu případně rozšířit i o další testované podmínky, tj. například specifickou skupinu sportovců danou konkrétním sportem (vysocí basketbalisté, drobné gymnastky, ...), tak aby norma mohla být případně upravena pro konkrétní populační skupinu.

Stanovené hodnoty normy jsou konstruovány jako jednostranné nebo oboustranné 95% predikční intervaly, jejichž meze by byly překročeny přibližně v 5% testovaných jedinců, kteří dosahují nežádoucích extrémních hodnot.

Výsledkem práce jsou kompletní normované hodnoty pro všechny parametry testovacího systému SMEQ, které jsou doplněny i o hodnoty parametrů, ke kterým normované hodnoty prozatím neexistovaly.

Stanovení statistického rozdílu hodnot norm AN a norm NC bylo provedeno u části parametrů, u kterých byly známy konkrétní hodnoty norm NC. Statistický rozdíl byl potvrzen u 48mi z 75 testovaných parametrů. Předpokládaná rozdílnost, jež byla z větší části statisticky potvrzena (66,7% testovaných parametrů), vycházela ze skutečnosti, že byly porovnávány data zcela nehomogenních skupin, ale i z metodiky zpracováním normovaných hodnot.

Pilotním, doplňujícím šetřením byl stanoven korelační koeficient všech testovacích protokolů. Z 20 testovaných protokolů splnily podmínku dobré míry korelace; tj. $r \geq 0,8$ pouze 4 parametry. I na tomto místě je třeba podotknout, že byly záměrně ignorovány nedostatky pilotního šetření (malý počet pozorování, nestejně rozdělení dat, ...) a proto tyto hodnoty nelze považovat ze spolehlivé a přesvědčivé

Stanovením normovaných hodnot pro sportující populaci ve věku 20-30 let s možností integrace těchto údajů do vyhodnocovacího software samotného SMEQ přístroje se nabízí široké uplatnění ve sféře výkonnostního sportu a to na národní a vzhledem k rozšíření přístrojového vybavení SMEQ v Evropě a USA i na mezinárodní úrovni.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Alonso, A. C., Greve, J. M. D. A., & Camanho, G. L. (2009). Evaluating the center of gravity of dislocations in soccer players with and without reconstruction of the anterior cruciate ligament using a balance platform. *Clinics*, *64*(3), 163–170. <https://doi.org/10.1590/s1807-59322009000300003>
- Alvarez-Otero, R., & Perez-Fernandez, N. (2017). The limits of stability in patients with unilateral vestibulopathy. *Acta Oto-Laryngologica*, *137*(10), 1051–1056. <https://doi.org/10.1080/00016489.2017.1339326>
- Asadi, A., De Villarreal, E. S., & Arazi, H. (2015). The Effect of Plyometric Type Neuromuscular Training on Postural Control Performance of Male Team Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(7), 1870–1875. <https://journals.lww.com/nsca-jscr>
- Benis, R., Bonato, M., & La Torre, A. (2016). Elite female basketball players' body-weight neuromuscular training and performance on the Y-balance test. *Journal of Athletic Training*, *51*(9), 688–695. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.12.03>
- Binda, S. M., Culham, E. G., & Brouwer, B. (2003). Balance, muscle strength, and fear of falling in older adults. *Experimental Aging Research*, *29*(2), 205–219. <https://doi.org/10.1080/03610730303711>
- Błaszczuk, J. W. (2016). The use of force-plate posturography in the assessment of postural instability. *Gait and Posture*, *44*, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.10.014>
- Borghuis, J. (2013). *Core stability in soccer: it's a matter of control!* VestaMedia / Ipskamp Drukkers.
- Brito, J., Fontes, I., Ribeiro, F., Raposo, A., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2012). Postural stability decreases in elite young soccer players after a competitive soccer match. *Physical Therapy in Sport*, *13*(3), 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.07.004>
- Chaudhry, H., Bukiet, B., Ji, Z., & Findley, T. (2011). Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods—A brief review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *15*(1), 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2008.03.003>
- Chow, G. C. C., Fong, S. S. M., Chung, J. W. Y., Chung, L. M. Y., Ma, A. W. W., & Macfarlane, D. J. (2016). Determinants of sport-specific postural control strategy and balance performance of amateur rugby players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *19*(11), 946–950. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.02.016>
- Clark, S., & Rose, D. J. (2001). Evaluation of dynamic balance among community-dwelling older adult fallers: A generalizability study of the limits of stability test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *82*(4), 468–474. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.21859>
- Cripps, A., Livingston, S., Jiang, Y., Mattacola, C., Kitzman, P., McKeon, P., Dressler, E., & Quintana, C. (2018). Visual perturbation impacts upright postural stability in athletes with an acute concussion. *Brain Injury*, *32*(12), 1566–1575. <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1497812>
- Curtolo, M., Tucci, H. T., Souza, T. P., Gonçalves, G. A., Lucato, A. C., & Yi, L. C. (2017). Balance and postural control in basketball players. *Fisioterapia em Movimento*, *30*(2), 319–328. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.002.ao12>
- Elly, C. H. M. K., Urnett, a N. F. B., & Ewton, M. I. J. N. (2010). Effect of Core Stability Training on Throwing Velocity in Female Handball Players. *Strength And Conditioning*, *25*(9), 396–403. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182a7f449>
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement* (4. vyd.). Human Kinetics Publishers Inc.
- Faraldo-García, A., Santos-Pérez, S., Crujeiras, R., Labella-Caballero, T., & Soto-Varela, A. (2012). Comparative study of computerized dynamic posturography and the SwayStar system in healthy subjects. *Acta Oto-Laryngologica*, *132*(3), 271–276. <https://doi.org/10.3109/00016489.2011.637177>
- Faraldo García, A., Soto Varela, A., & Santos Pérez, S. (2015). Is It Possible to Shorten Examination Time in Posture Control Studies? *Acta Otorrinolaringologica (English Edition)*, *66*(3), 154–158.

<https://doi.org/10.1016/j.otoeng.2015.05.002>

- Ferber-Viart, C., Ionescu, E., Morlet, T., Froehlich, P., & Dubreuil, C. (2007). Balance in healthy individuals assessed with Equitest: Maturation and normative data for children and young adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *71*(7), 1041–1046. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2007.03.012>
- Gautier, G., Thouvairecq, R., & Vuillerme, N. (2008). Postural control and perceptive configuration: Influence of expertise in gymnastics. *Gait and Posture*, *28*(1), 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.09.007>
- Gonzalo-Skok, O., Serna, J., Rhea, M. R., & Marín, P. J. (2015). Relationship Between Functional Movement Tests and Performance Tests in Young Elite Male Basketball Players. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, *10*(5), 629.
- Gstöttner, M., Neher, A., Scholtz, A., Millonlg, M., Lembert, S., & Raschner, C. (2009). Balance ability and muscle response of the preferred and nonpreferred leg in soccer players. *Motor Control*, *13*(2), 218–231. <https://doi.org/10.1123/mcj.13.2.218>
- Guedes, P. F., & João, S. M. A. (2014). Postural characterization of adolescent federation basketball players. *Journal of Physical Activity and Health*, *11*(7), 1401–1407. <https://doi.org/10.1123/jpah.2012-0489>
- Hatch, J., Gill-Body, K. M., & Portney, L. G. (2003). Determinants of Balance Confidence in Community-Dwelling Elderly People. *Physical Therapy*, *83*(12), 1072–1079. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.12.1072>
- Heebner, N. R., Abt, J. P., Lovalekar, M., Beals, K., Sell, T. C., Morgan, J., Kane, S., & Lephart, S. (2017). Physical and performance characteristics related to unintentional musculoskeletal injury in special forces operators: A prospective analysis. *Journal of Athletic Training*, *52*(12), 1153–1160. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.12.22>
- Heleno, L. R., da Silva, R. A., Shigaki, L., Araújo, C. G. A., Coelho Candido, C. R., Okazaki, V. H. A., Frisseli, A., & Macedo, C. de S. G. (2016). Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players – A blind randomized clinical trial. *Physical Therapy in Sport*, *22*, 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.05.004>
- Hlaváčková, A. (2017). *Využití virtuální reality ke zhodnocení dynamické posturální stability u hráčů beachvolejbalu (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
- Horák, S., Sovová, E., Pastucha, D., Konečný, P., Radová, L., Calabová, N., Janoutová, J., & Janout, V. (2017). Comprehensive group therapy of obesity and its impact on selected anthropometric and postural parameters. *Central European Journal of Public Health*, *25*(4), 326–331. <https://doi.org/10.21101/cejph.a4780>
- Hung, K. C., Chung, H. W., Yu, C. C. W., Lai, H. C., & Sun, F. H. (2019). Effects of 8-week core training on core endurance and running economy. *PLoS ONE*, *14*(3), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213158>
- Jadcak, Ł., Grygorowicz, M., Wiczorek, A., & Śliwowski, R. (2019). Analysis of static balance performance and dynamic postural priority according to playing position in elite soccer players. *Gait and Posture*, *74*, 148–153. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.008>
- Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Krstrup, P., & Aagaard, P. (2011). The effect of recreational soccer training and running on postural balance in untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(3), 521–530. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1669-2>
- Jbabdi, M., Boissy, P., & Hamel, M. (2008). Assessing control of postural stability in community-living older adults using performance-based limits of stability. *BMC Geriatrics*, *8*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-8-8>
- Kallistratos, E. K., Afis, G. P., Atsikis, C. K., & Ouvis, S. D. (2010). Young tennis players and balance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(2), 389–393.
- Kania, R. (2017). *Hodnocení posturální stability u jedinců provozujících úpolový a bezkontaktní sport*

- (Diplomová práce). Praha. FTVS UK.
- Karšayová, K. (2019). *Hodnocení dynamické posturální stability u lezců (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
- Karšayová, K., Pavlů, D., & Vomáčková, H. (2020). Comparison of the Level of Dynamic Postural Stability of Climbers and the Recreational Sports Performing population. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 9(8).
- Kashikar, Y., & Nagarkar, A. (2012). Prevalence and Determinants of Frailty in Older Adults in India. *Indian Journal of Gerontology*, 9(3), 365–382.
- Kučera, L. (2020). *Hodnocení dynamické posturální stability u hráčů fotbalu (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
- Kunugi, S., Masunari, A., Yoshida, N., & Miyakawa, S. (2018). Association between Cumberland Ankle Instability Tool score and postural stability in collegiate soccer players with and without functional ankle instability. *Physical Therapy in Sport*, 32, 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.03.002>
- Laird, N. M., & Ware, J. H. (1982). Random-Effects Models for Longitudinal Data. *Biometrics*, 38(4), 963–974.
- Liang, Y., Hiley, M., & Kanosue, K. (2019). The effect of contact sport expertise on postural control. *PLoS ONE*, 14(2), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212334>
- Liaw, M. Y., Chen, C. L., Pei, Y. C., Leong, C. P., & Lau, Y. C. (2009). Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle-aged, and elderly healthy people. *Chang Gung Medical Journal*, 32(3), 297–304.
- Lohkamp, M., Craven, S., Walker-Johnson, C., & Greig, M. (2009). The Influence of Ankle Taping on Changes in Postural Stability During Soccer-Specific Activity. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18, 1–11.
- Martin-Sanz, E., Ortega Crespo, I., Esteban-Sanchez, J., & Sanz, R. (2017). Postural stability in a population of dancers, healthy non-dancers, and vestibular neuritis patients. *Acta Oto-Laryngologica*, 137(9), 952–956. <https://doi.org/10.1080/00016489.2017.1322711>
- Měkota, K., & Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově* (1. vyd.). Státní pedagogické nakladatelství.
- Molikova, R., Bezďickova, M., Langova, K., Holibka, V., David, O., Michalikova, Z., & Rehorova, J. (2006). The Relationship Between Morphological Indicators of Human Body and Posture. *Biomed Pap Med*, 150(2), 261–265.
- Monsell, E. M., Furman, J. M., Herdman, S. J., Konrad, H. R., & Shepard, N. T. (1997). Computerized Dynamic Platform Posturography. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 117(4), 394–398. [https://doi.org/10.1016/S0194-5998\(97\)70132-3](https://doi.org/10.1016/S0194-5998(97)70132-3)
- Nashner, L. M., & McCollum, G. (1985). The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis. *Behavioral and Brain Sciences*, 8(1), 135–150. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00020008>
- Natus Medical Inc. (2007). *Balance Manager® Systems - Clinical Operations Guide - Appendix*. www.natus.com
- Natus Medical Inc. (2008). *Balance Manager® Systems - Clinical Operations Guide*. www.onbalance.com
- Natus Medical Inc. (2013). *Balance Manager® Systems - Clinical Interpretation Guide for Dynamic System*. www.natus.com
- Natus Medical Inc. (2014). *Balance Manager® Systems - Clinical Operations Guide*. www.resourcesonbalance.com
- Natus Medical Inc. (2016). *Balance Manager® Systems - Instructions for Use*. www.resourcesonbalance.com
- Notarnicola, A., Maccagnano, G., Tafuri, S., Pesce, V., Digiglio, D., & Moretti, B. (2015). Effects of training on postural stability in young basketball players. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 5(4),

- Olchowik, G., & Czwaliak, A. (2020). Effects of soccer training on body balance in young female athletes assessed using computerized dynamic posturography. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(3). <https://doi.org/10.3390/app10031003>
- Pang, M. Y. C., Lam, F. M., Wong, G. H., Au, I. H., & Chow, D. L. (2011). *Balance Performance in Head-Shake Computerized Dynamic Posturography: Aging Effects and Test-Retest Reliability*.
- Pešková, M. (2020). *Hodnocení schopnosti dynamické stabilizace a posturální strategie házenkářek České republiky (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
- Pillinger, R. (2014). *Random Intercept Models*. University of Bristol. <http://www.bristol.ac.uk/cmm/learning/videos/random-intercepts.html>
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., & R_Core_Team. (2019). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models* (R package version 3.1-140). <https://cran.r-project.org/package=nlme>
- Pletcher, E. R., Williams, V., Abt, J. P., Morgan, P. M., Parr, J. J., Wohleber, M. F., Lovalekar, M., & Sell, T. C. (2017). Normative data for the neurocom sensory organization test in us military special operations forces. *Journal of Athletic Training*, *52*(2), 129–136. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.1.05>
- R_Core_Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing* (3.6.1). Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rein, S., Fabian, T., Weindel, S., Schneiders, W., & Zwipp, H. (2011). The influence of playing level on functional ankle stability in soccer players. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, *131*(8), 1043–1052. <https://doi.org/10.1007/s00402-011-1275-8>
- Ricci, N. A., de Faria Figueiredo Gonçalves, D., Coimbra, A. M. V., & Coimbra, I. B. (2009). Sensory interaction on static balance: A comparison concerning the history of falls of community-dwelling elderly. *Geriatrics & Gerontology International*, *9*(2), 165–171. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2009.00516.x>
- Ricotti, L. (2011). Static and dynamic balance in young athletes. *Journal of Human Sport and Exercise*, *6*(4), 616–628. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.64.05>
- Rinaldi, N. M., Polastri, P. F., & Barela, J. A. (2009). Age-related changes in postural control sensory reweighting. *Neuroscience Letters*, *467*(3), 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.10.042>
- Santos, L., Fernandez, J., & Fernandez-Rio, F. (2016). Effect of Slackline Training on Postural Control, Jump Performance and Myoelectrical Activity in Female Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(3), 653–664. <https://journals.lww.com/nsca-jscr>
- Sell, T. C. (2012). An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy, physically active adults. *Physical Therapy in Sport*, *13*(2), 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.06.006>
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H. (2011). *Motor Control: Translating Research Into Clinical Practise* (4. vyd.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Steindl, R., Kunz, K., Schrott-Fischer, A., & Scholtz, A. (2006). Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *48*(06), 477. <https://doi.org/10.1017/S0012162206001022>
- Trueblood, P. R., Rivera, M., Lopez, C., Bentley, C., & Wubenhurst, N. (2018). Age-based normative data for a computerized dynamic posturography system that uses a virtual visual surround environment. *Acta Oto-Laryngologica*, *138*(7), 597–602. <https://doi.org/10.1080/00016489.2018.1429653>
- Tsang, W. W., Wong, V. S., Fu, S. N., Hui-chan, C. W., Harro, C. C., Marquis, A., Piper, N., Burdis, C., Garascia, C., Wrisley, D. M., Stephens, M. J., Mosley, S., Wojnowski, A., Jayakaran, P., Johnson, G. M., & Sullivan, S. J. (2011). Test-Retest Reliability of the Sensory Organization Test in Older Persons With a Transtibial Amputation. *PM&R*, *3*(8), 723–729. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.01.005>
- Vomáčková, H., Čermáková, K., Pavlů, D., & Pánek, D. (2020). Hodnocení efektu 5-ti týdenní intervence s

- využitím vizuálního biofeedbacku u pacienta s unilaterální transfemorální amputací dolní končetiny - případová studie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 27(3).
- Vomáčková, H., Pavlů, D., & Pánek, D. (2020). Hodnocení dynamické posturální stability – tvorba referenčních hodnot pro běžnou, mladou populaci v ČR. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 27(2), 3–8.
- Vrubelová, L. (2019). *Vztahy mezi motorickými testy a parametry dynamické posturální stability (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
- Vuillerme, N., Pinsault, N., & Vaillant, J. (2005). Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: effects of changes in sensory inputs. *Neuroscience Letters*, 378(3), 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2004.12.024>
- Wallmann, H. W. (2004). Analysis of postural stability in collegiate soccer players before and after an acute bout of heading multiple soccer balls. Effect of a Community Service Project on the Development of Professionalism in Student Physical Therapists View project Sports Specialty Revalidation View project. In *Article in Sports Biomechanics*. <https://www.researchgate.net/publication/8173868>
- Wrisley, D. M., Stephens, M. J., Mosley, S., & Wojnowski, A. (2007). *Learning Effects of Repetitive Administrations of the Sensory Organization Test in Healthy Young Adults*. 1049–1054. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.05.003>
- Yuntao, Z., Kondo, I., Mukaino, M., Tanabe, S., Teranishi, T., Li, T., Oono, K., Koyama, S., Kanada, Y., & Saitoh, E. (2017). Reliability and validity of a force-instrumented treadmill for evaluating balance: A preliminary study of feasibility in healthy young adults. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 36, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.hkpj.2016.12.001>
- Zámečník, M. (2018). *Vyhodnocení dynamické posturální stability u extraligových hráčů českého rugby (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
- Živcová, T. (2020). *Hodnocení dynamické posturální stability u hráčů basketbalu (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
- Zvára, K. (2000). *Biostatistika* (2. vyd.). Karolinum.
- Zvárová, J. (2016). *Biomedicínská statistika I* (3. vyd.). Karolinum.

8. PŘÍLOHY

8.1 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: SOT – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30 let	49
Obrázek 2: LOS – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30 let	50
Obrázek 3: MCT – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30 let	50
Obrázek 4: MCT – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30	51
Obrázek 5: ADT – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30	52
Obrázek 6: RWS – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30	52
Obrázek 7: UNI – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30	53
Obrázek 8: WBS – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30	53

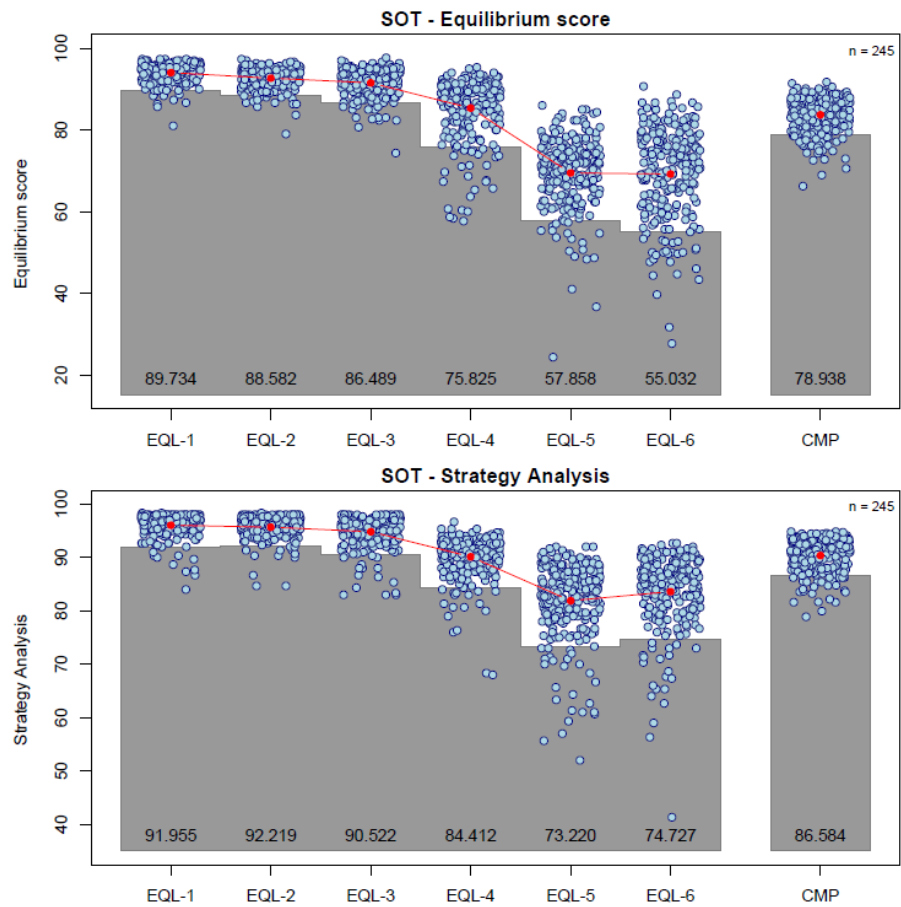
8.2 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Popisná charakteristika výzkumného souboru (n=245; muži 107, ženy 138), pro testovací protokoly SOT, LOS, MCT.....	15
Tabulka 2: Popisná charakteristika výzkumného mikrosouboru (n=9; muži 3, ženy 6)	17
Tabulka 3: SOT – Equilibrium Score; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněk o grafický záznam v příloze (Obrázek 1)	18
Tabulka 4: SOT – Sensory Analysis; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 1)	19
Tabulka 5: LOS – Reaction Time; výsledné normativní hodnoty – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2)	19
Tabulka 6: LOS – Movement Velocity; výsledné normativní hodnoty – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2)	19
Tabulka 7: LOS – Directional Control; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2).....	19
Tabulka 8: LOS – Endpoint Excursion; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2).....	20
Tabulka 9: LOS – Maximal Excursion; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 2).....	20
Tabulka 10: MCT – Latency Left and Right; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 3).....	20
Tabulka 11: ADT – Toes Up a Down; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 5)	21
Tabulka 12: RWS – On-Axis Velocity; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 6).....	21
Tabulka 13: RWS – Directional Control; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 6).....	22
Tabulka 14: UNI – Mean COG Sway Velocity; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 7).....	22
Tabulka 15: SOT – Strategy Analysis; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let	23
Tabulka 16: LOS – Reaction Time; nově stanovené normativní hodnoty – směr 1F, 2RF, 3R,RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let.....	23
Tabulka 17: LOS – Movement Velocity; nově stanovené normativní hodnoty – směr 1F, 2RF, 3R,RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let	24
Tabulka 18: LOS – Directional Control; nově stanované normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let	24

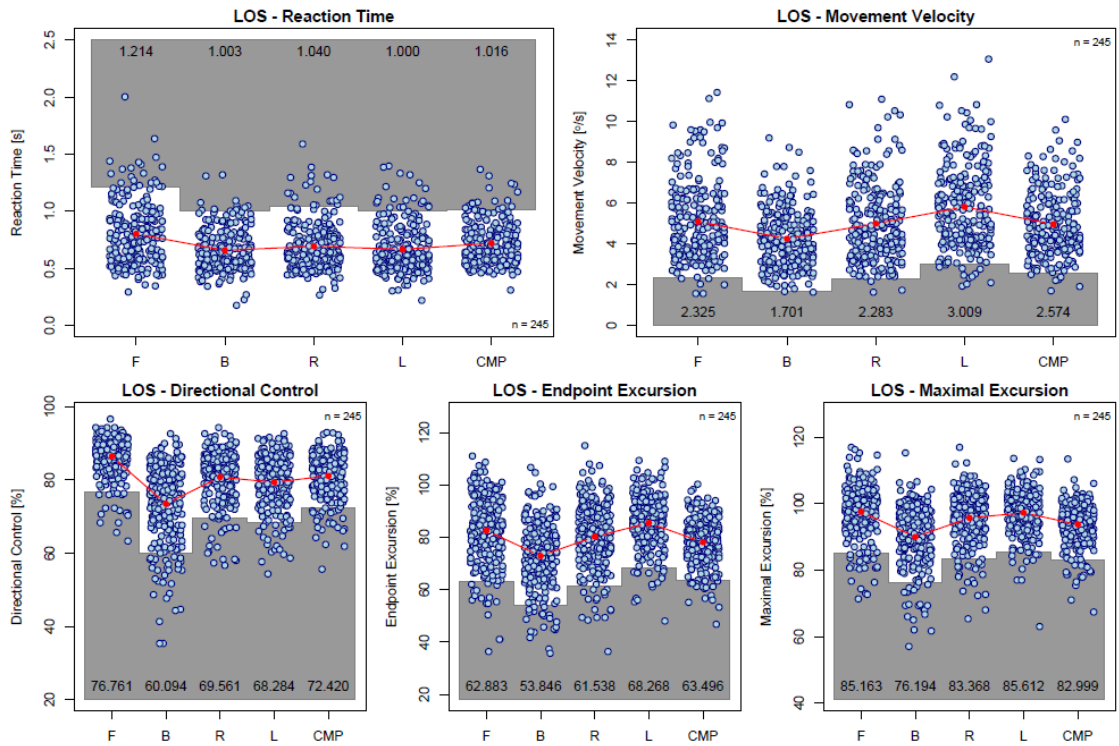
Tabulka 19: LOS – Endpoint Excursion; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let	24
Tabulka 20: LOS – Maximal Excursion; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let	25
Tabulka 21: MCT – Amplitude Scaling; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 4).....	25
Tabulka 22: MCT – Weight Symmetry; nově stanovené predikované normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 4)	26
Tabulka 23: MCT – Strenght Symmetry; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 4).....	26
Tabulka 24: WBS; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let; doplněno o grafický záznam v příloze (Obrázek 8).....	26
Tabulka 25: Reliabilita celkových parametrů SMEQ, test-retest, (n=9).....	27

8.3 VÝBĚR GRAFICKÉHO ZNÁZORNĚNÍ HODNOT „NORM AN“

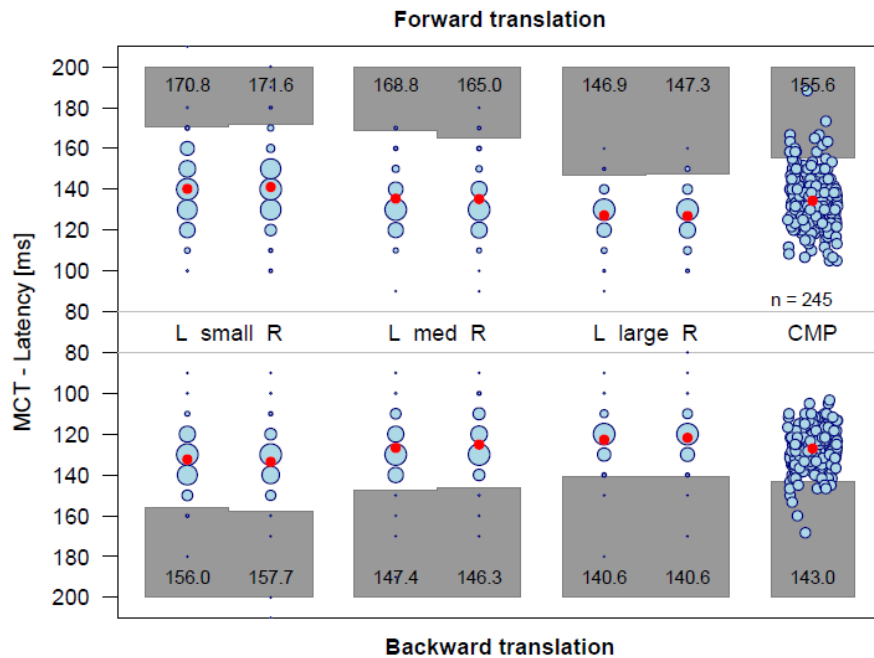
Obrázek 1: SOT – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30 let



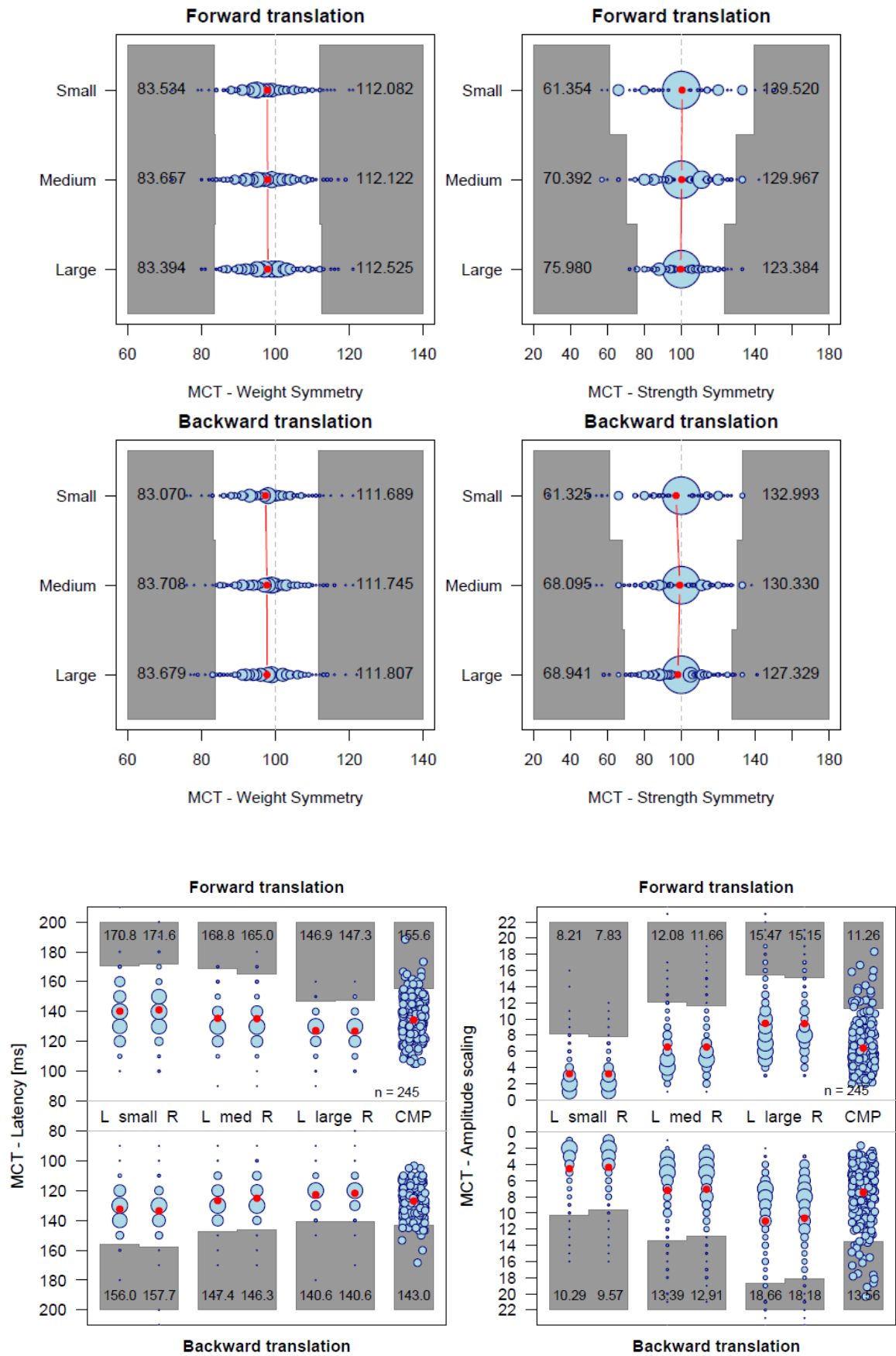
Obrázek 2: LOS – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30 let



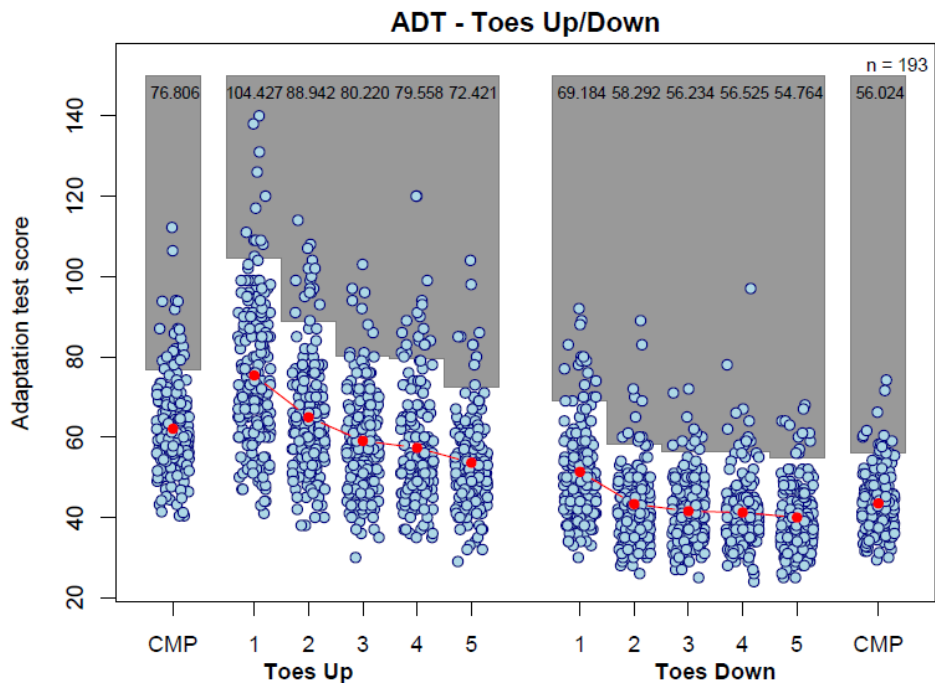
Obrázek 3: MCT – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30 let



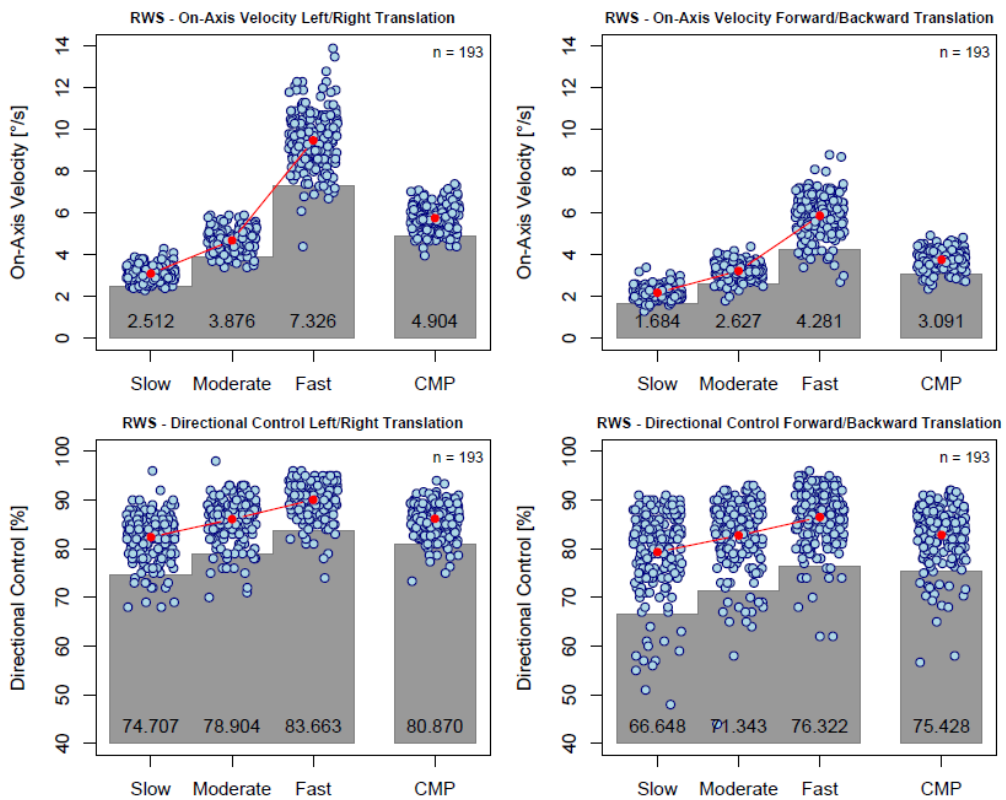
Obrázek 4: MCT – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30



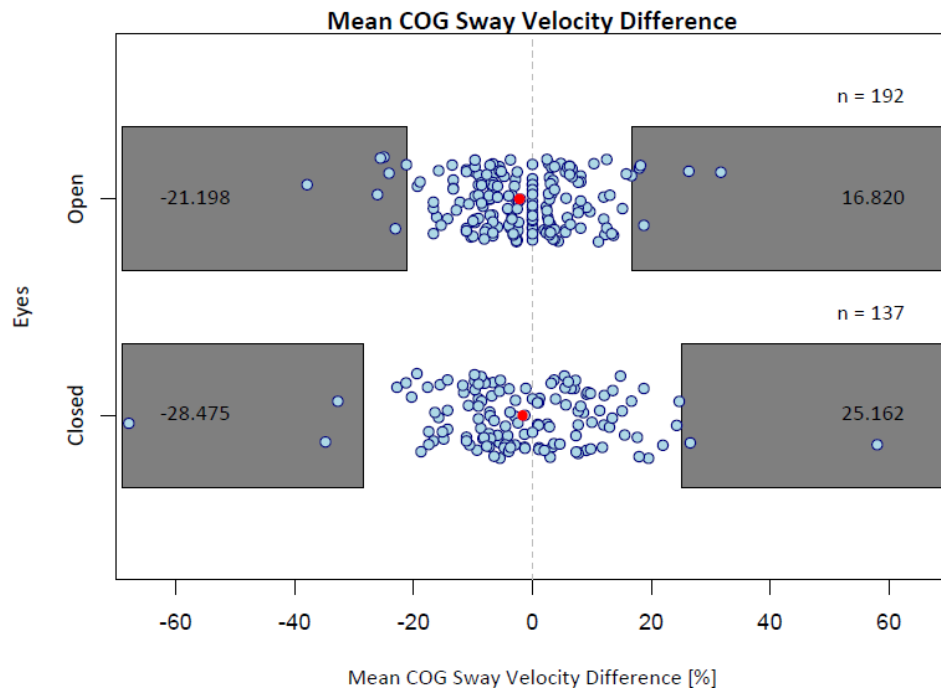
Obrázek 5: ADT – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30



Obrázek 6: RWS – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30



Obrázek 7: UNI – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30



Obrázek 8: WBS – grafické znázornění vybraných parametrů, norm AN (n=245), 20-30

